

**Probe for detecting magnetic field changes to detecting information on rotating parts**

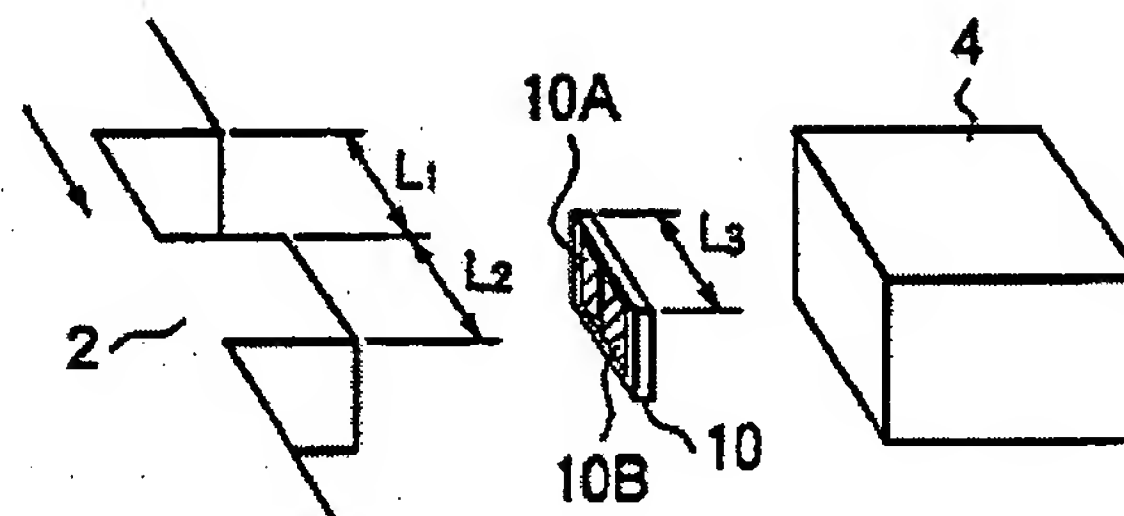
**Patent number:** DE19647420  
**Publication date:** 1997-12-11  
**Inventor:** UMEMOTO HIDEKI (JP); HIRAOKA NAOKI (JP); FUKUI WATARU (JP); OHASHI YUTAKA (JP); YOKOTANI MASAHIRO (JP)  
**Applicant:** MITSUBISHI ELECTRIC CORP (JP)  
**Classification:**  
- **international:** G01R33/09; G01B7/30; G01D5/165  
- **european:** G01D5/16B2; G01R33/09; G01V3/08  
**Application number:** DE19961047420 19961115  
**Priority number(s):** JP19960147555 19960610

*Also included*  
Also published as:  
US5789919 (A1)  
JP9329462 (A)

Report a data error here

**Abstract of DE19647420**

The probe has a magnetic field generating device (4) for generating a magnetic field. A magnetic field variation inducing device (21) varies a generated magnetic field. This inducing device is arranged at a fixed distance relative to the magnetic field generator. A magnetoresistive sizing device (10) has a resistance which varies in response to changes in the magnetic field. An alternating side shape and spacing distance of the magnetoresistive device, the magnetic field generator, and the field variation induction device are set with a given relationship.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 196 47 420 A 1

⑤ Int. Cl. 6:  
G 01 R 33/09  
G 01 B 7/30  
G 01 D 5/185

⑳ Aktenzeichen: 196 47 420.5  
㉑ Anmeldetag: 15. 11. 86  
㉒ Offenlegungstag: 11. 12. 87

③ Unionspriorität:

8-147555 10.06.86 JP

㉑ Anmelder:

Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

㉒ Vertreter:

HOFFMANN · EITLE, 81925 München

㉓ Erfinder:

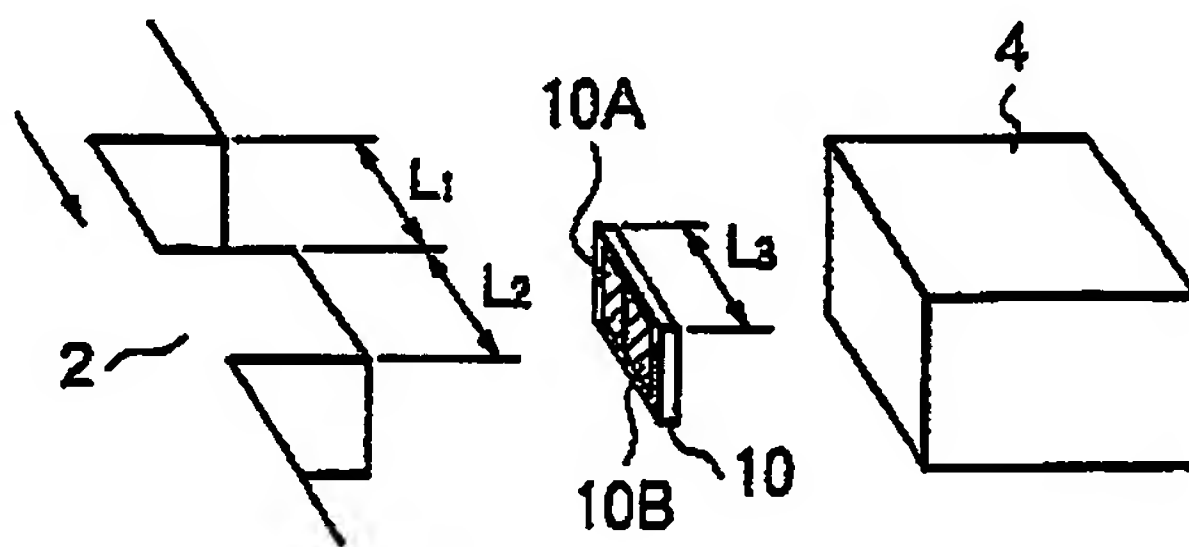
Umemoto, Hideki, Tokio/Tokyo, JP; Hiraoka, Naoki,  
Tokio/Tokyo, JP; Fukui, Wataru, Tokio/Tokyo, JP;  
Ohashi, Yutaka, Tokio/Tokyo, JP; Yokotani,  
Masahiro, Tokio/Tokyo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Fühler

⑤ Im Rahmen der Erfindung wird ein Fühler geschaffen, der ein hochgenaues Signal ausgeben kann, das präzise einer speziellen Position (einem speziellen Winkel) eines Rotationselements entspricht. Der Fühler enthält: einen Magneten (4) zum Generieren eines Magnetfelds; ein aus einem magnetischen Material hergestelltes Rotationselement zum Verändern des durch den Magneten (4) generierten Magnetfelds, derart, daß das Rotationselement (2) mit einer festgelegten Distanz beabstandet zu dem Magneten (4) angeordnet ist; und eine magnetoresistive Großeinrichtung (10), deren Widerstand sich in Ansprechen auf die Veränderung des Magnetfelds verändert, die durch das Rotationselement (2) aus Magnetmaterial bewirkt wird, derart, daß die Größe ( $L_3$ ) der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtung (10) auf einem Wert festgelegt ist, der kleiner als der kleinste Wert der Abmessungen ( $L_1$ ) und ( $L_2$ ) der vorstehenden ausgesparten Abschnitte des Rotationselements (2) aus Magnetmaterial ist, d. h. die Größe ( $L_3$ ) der Magnetfeld-Abtastebene ist so festgelegt, daß die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$$L_3 \leq L_1 \text{ und } L_3 \leq L_2$$



DE 196 47 420 A 1

DE 196 47 420 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Fühler zum Detektieren der Veränderung eines Magnetfelds aufgrund der Bewegung eines sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial, und insbesondere auf einen Fühler, der sich besonders zum Detektieren von Information im Zusammenhang mit der Drehung beispielsweise eines Verbrennungsmotors eignet.

Magnetoresistive Einrichtungen betreffen allgemein solche Einrichtungen, die ihren Widerstand in Ansprechen auf die Richtung eines Magnetfelds ändern, das an einem dünnen ferromagnetischen Film anliegt, und zwar im Hinblick auf die Richtung eines Stroms, der durch den dünnen ferromagnetischen Film fließt.

Magnetoresistive Einrichtungen weisen einen minimalen Widerstand dann auf, wenn ein Magnetfeld in einer Richtung rechtwinklig zu der Richtung des Stroms anliegt. Weist andererseits der Winkel zwischen der Stromrichtung und der Richtung des anliegenden Felds einen Wert von 0 auf, d. h. liegt ein Magnetfeld entlang derselben Richtung oder entgegengesetzt zu der Richtung eines Stroms an, so weist der Widerstand einen maximalen Wert auf. Diese Veränderung des Widerstands wird allgemein als magnetoresistiver Effekt bezeichnet, und die Größe der Veränderung des Widerstands wird als das magnetoresistive Veränderungsverhältnis bezeichnet. Ein typischer Wert des magnetoresistiven Veränderungsverhältnisses beträgt 2 bis 3% bei Ni-Fe und 5 bis 6% bei Ni-Co.

Die Fig. 21 zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen eines üblichen Fühlers und dessen Seitenansicht und perspektivische Ansicht sind jeweils in Fig. 21a und Fig. 21b gezeigt.

Der in Fig. 32 gezeigte Fühler enthält: eine Drehwelle 1; ein Rotationselement aus magnetischem Material 2 mit zumindest einem vorstehenden oder ausgesparten Abschnitt, derart, daß das Rotationselement aus Magnetmaterial 2 so ausgebildet ist, daß es sich synchron zu der Drehung der Drehwelle 1 dreht; eine magnetoresistive Einrichtung 3, die an einer Stelle mit festgelegtem Abstand bezogen auf das Rotationselement aus magnetischem Material 2 angeordnet ist; und einen Magneten 4 zum Anlegen eines Magnetfelds an der magnetoresistiven Einrichtung 3. Bei dem obigen Aufbau enthält die magnetoresistive Einrichtung 3 ein magnetoresistives Muster 3a und eine Dünnschichtoberfläche (Magnetfeld-Abtastebene) 3b.

Dreht sich das Rotationselement aus Magnetmaterial 2, so verändert sich das an der Magnetfeld-Abtastebene 3b der magnetoresistiven Einrichtung 3 anliegende Magnetfeld in Ansprechen auf die Drehung des Rotationselements aus Magnetmaterials 2, und im Ergebnis verändert sich der Widerstand des magnetoresistiven Musters 3a in entsprechender Weise.

Die Fig. 22 zeigt ein Schaltbild des üblichen Fühlers. Die mit einer Konstantstromquelle verbundene magnetoresistive Einrichtung 3 erzeugt ein Spannungssignal Svv, das sich in Ansprechen auf das Vorbeiführen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus magnetischem Material 2 verändert.

Wie nachfolgend beschrieben, weist der übliche Fühler zahlreiche Nachteile auf.

Die in dem üblichen Fühler eingesetzte magnetoresistive Einrichtung weist allgemein eine Einschichtstruktur bestehend aus einem dünnen ferromagnetischen Film auf. Bei dieser Struktur variiert der Widerstand in Abhängigkeit von dem Winkel zwischen dem anliegen-

den Magnetfeld und dem Strom. In anderen Worten weist die Magnetfeld-Abtastebene eine anisotrope Empfindlichkeit gegenüber dem Magnetfeld auf.

Ferner weist der übliche Fühler die folgenden Nachteile auf:

eine geringe Veränderung des Widerstands aufgrund des Einsatzes einer einzigen magnetoresistiven Einrichtung und demnach eine geringe Empfindlichkeit gegenüber der Veränderung eines Magnetfelds; hiermit verbundene geringe Ausgangsspannung; unzuverlässiger Betrieb aufgrund der Tendenz, einfach durch externes Rauschen gestört zu werden, das oft eine interne Signalkomponente überlagert, die die Bewegung der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial darstellt.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Lösung der obigen Probleme. Insbesondere besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung in der Schaffung eines Fühlers, der genau eine Veränderung eines Magnetfelds detektieren kann, ohne daß er einfach durch externes Rauschen gestört wird. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung eines Fühlers, der ein Ausgangssignal präzise gemäß einer vordefinierten Stelle (eines vordefinierten Winkels) eines sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial erzeugen kann.

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Fühler geschaffen, enthaltend eine Magnetfeld-Generiervorrichtung zum Generieren eines Magnetfelds; eine Magnetfeldveränderungs-Induziervorrichtung zum Verändern des durch die Magnetfeld-Generiervorrichtung generierten Magnetfelds, derart, daß die Magnetfeldveränderungs-Induziervorrichtung mit festgelegter Distanz von der Magnetfeld-Generiervorrichtung angeordnet ist; und eine magnetoresistive Großeinrichtung, deren Widerstand sich in Ansprechen auf die Veränderung des durch die Magnetfeldveränderungs-Induziervorrichtung erzeugte Magnetfelds verändert; derart daß eine wechselseitige Form oder Distanz der magnetoresistiven Großeinrichtung, der Magnetfeld-Generiervorrichtung und der Magnetfeldveränderungs-Induziervorrichtung mit einer festgelegten Beziehung festgelegt sind. Mit diesem Aufbau wird es möglich, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung eines Magnetfelds kleiner vorstehender und ausgesparten Abschnitte durchzuführen, und somit ist es möglich, die Detektionsgenauigkeit zu verbessern.

Für eine Form der Erfindung ist kennzeichnend, daß die Magnetfeldveränderungs-Induziervorrichtung aus einem sich bewegenden Element aus magnetischem Material aufgebaut ist, das mit mindestens einem vorstehenden und ausgesparten Abschnitt versehen ist, und daß die Magnetfeld-Generiervorrichtung aus einem Magneten besteht. Gemäß diesem Aufbau wird es möglich, kleinere vorstehende und ausgesparte Abschnitte zu detektieren, und somit ist es möglich, einen Fühler mit geringen Abmessungen und geringen Kosten und verbesserter Detektionsgenauigkeit zu realisieren.

Für eine andere Form der Erfindung ist kennzeichnend, daß eine Größe der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtung auf einem Wert festgelegt ist, der kleiner als derjenige des kleinsten Werts der Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial ist. Gemäß diesem Aufbau wird es möglich, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung eines Magnetfelds kleiner vorstehen-



der und ausgesparter Abschnitte durchzuführen, und somit ist es möglich, die Detektionsgenauigkeit weiter zu verbessern.

Für eine weitere Form der Erfindung ist kennzeichnend, daß eine Größe des Magneten auf einem Wert festgelegt ist, der fünfmal kleiner als der kleinste Wert der Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial ist. Gemäß dem obigen Aufbau wird es möglich, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderungen eines Magnetfelds kleiner vorstehender und ausgesparter Abschnitte zu erreichen, und somit ist es möglich, die Detektionsgenauigkeit weiter zu verbessern.

Für eine zusätzliche weitere Form der Erfindung ist kennzeichnend, daß eine Distanz zwischen der magnetoresistiven Großeinrichtung und dem Magneten auf einem Wert festgelegt ist, der fünfmal kleiner als die Größe der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtung ist. Gemäß diesem Aufbau wird es möglich, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung des Magnetfelds kleiner vorstehender und ausgesparter Abschnitte zu erreichen, und somit ist es möglich, die Detektionsgenauigkeit weiter zu verbessern.

Bei einer zusätzlichen weiteren Form der Erfindung enthält der Fühler ferner eine Brückenschaltung mit zumindest einem Zweig bestehend aus der magnetoresistiven Großeinrichtung; und eine Signalverarbeitungsvorrichtung zum Verarbeiten des durch die Brückenschaltung ausgegebenen Signals, wodurch Flanken der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial detektiert werden. Gemäß dem obigen Aufbau wird es möglich, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung eines Magnetfelds zu erreichen, und somit ist es möglich, die Detektionsgenauigkeit weiter zu verbessern. Ferner wird es gemäß dem obigen Aufbau aufgrund der Tatsache, daß die Anisotropie im Hinblick auf die Empfindlichkeit der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtungen eliminiert ist, somit möglich, eine zuverlässige Detektion der Veränderung des Magnetfelds durchzuführen. Da sich ferner große Veränderungen der Widerstände der magnetoresistiven Großeinrichtungen erzielen lassen, ist es somit möglich, ein entsprechend großes Signal bei dem Ausgangsanschluß der Signalverarbeitungsvorrichtung zu erhalten, wodurch sich ein großer Randabstand zu dem Signal im Zusammenhang mit dem Referenzpegel bei dem durch die Signalverarbeitungsvorrichtung durchgesetzten Umsetzbetrieb ergibt. Dies dient der Erhöhung der Beständigkeit gegenüber externem Rauschen und somit der Gewährleistung der Tatsache, daß die Signalverarbeitungsvorrichtung ein zuverlässigeres Ausgangssignal mit einem "0"- oder "1"-Pegel ausgeben kann.

Bei einer zusätzlichen weiteren Form der Erfindung ist das sich bewegende Element aus Magnetmaterial ein Rotationselement, das sich synchron mit einer Drehwelle dreht. Dieser Aufbau gewährleistet, daß der Fühler präzise die Veränderung des Magnetfelds aufgrund der Drehung des Rotationselements aus Magnetmaterial erfassen kann.

Für eine weitere andere Form der Erfindung ist kennzeichnend, daß der Fühler enthält einen Hauptteil des Fühlers, der mit der magnetoresistiven Großeinrichtung ausgebildet ist, daß das Rotationselement auf einer Kurbelwelle oder einer Nockenwelle in einem Verbren-

nungsmotors montiert ist und daß der Hauptteil des Fühlers benachbart zu dem Verbrennungsmotor derart angeordnet ist, daß das Rotationselement der magnetoresistiven Großeinrichtung gegenüberliegt. Dieser Aufbau ermöglicht das Erzielen eines hochgenauen Fühlers mit geringen Abmessungen, der präzise den Drehwinkel (die Drehgeschwindigkeit) zu der Kurbelwelle oder der Nockenwelle eines Verbrennungsmotors detektieren kann. Im Ergebnis wird es möglich, den Verbrennungsmotor präzise zu steuern. Ferner läßt sich der Fühler einfach hochzuverlässiger Weise bei einem Verbrennungsmotor ohne dem Erfordernis eines großen Montage-raums befestigen.

Für eine zusätzliche weitere Form der Erfindung ist kennzeichnend, daß der Hauptteil des Fühlers an einer Stelle entfernt von dem Rotationselement entlang einer Richtung der Drehachse der Drehwelle angeordnet ist. Bei diesem Aufbau läßt sich der Rahmen in der Nähe der Drehwelle wirksam zum Installieren des Hauptteils des Fühlers einsetzen. Dies bedeutet, daß kein zusätzlicher Raum entlang der Radialrichtung zum Installieren des Hauptteils des Fühlers erforderlich ist, und somit ist es möglich, die Größe des Fühlers weiter zu reduzieren.

Für eine zusätzliche weitere Form der Erfindung ist kennzeichnend, daß der Hauptteil des Fühlers ein Gehäuse enthält, in dem die magnetoresistive Großeinrichtung angeordnet ist, und daß das Rotationselement in einem Raum an einer Seite des Gehäuses derart angeordnet ist, daß zumindest der Rand des Rotationselements der magnetoresistiven Großeinrichtung gegenüberliegt. Bei diesem Aufbau wird ein Magnetpfad über das Rotationselement und die magnetoresistive Großeinrichtung gebildet. Demnach weist diese Struktur letztendlich dieselbe Funktion wie das Rotationselement aus magnetischem Material auf, das zumindest teilweise aus einem Magnet geformt ist. Im Ergebnis wird es bei dieser Struktur möglich, die Ausgabe eines korrekten Ausgangssignals, das präzise dem Drehwinkel des Rotationselements entspricht, zu starten, sobald die Energieversorgung des Fühlers angeschaltet wird.

Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden unter Bezug auf die beiliegende Zeichnung beschrieben; es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer ersten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ein Blockschaltbild zum Darstellen des Schaltungsaufbaus der ersten Ausführungsform des Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 ein Schaltdiagramm zum Darstellen eines spezifischen Beispiels der in Fig. 2 gezeigten Schaltung;

Fig. 4 ein schematisches Diagramm zum Darstellen von vier GMR-Einrichtungen, die auf einer Struktur gebildet sind, derart, daß diese vier GMR-Einrichtungen die Wheatstone-Brückenschaltung der in Fig. 3 gezeigten Schaltung bilden;

Fig. 5 ein Signalformdiagramm zum Darstellen des Betriebs im Zusammenhang mit der Fig. 3;

Fig. 6 ein schematisches Diagramm zum Darstellen eines Gegenstands der ersten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7 ein Kenndiagramm zum Darstellen des Gegenstands der ersten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 8 ein schematisches Diagramm zum Darstellen eines Gegenstands einer zweiten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 9 ein Kenndiagramm zum Darstellen des Gegen-



stands der zweiten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 10 ein schematisches Diagramm zum Darstellen eines Gegenstands einer dritten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 11 ein Kenndiagramm zum Darstellen des Gegenstands der vierten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 12 ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer vierten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 13 eine perspektivische Ansicht zum Darstellen der Relativpositionen des Hauptteils des Fühlers und eines Rotationselements aus Magnetmaterial bei der vierten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 14 eine perspektivische Ansicht zum Darstellen des Hauptteils des Fühlers der vierten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 15 eine Explosionsansicht zum Darstellen der Innenstruktur des Hauptteils des Fühlers der vierten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 16 eine Querschnittsseitenansicht zum Darstellen eines modifizierten Beispiels des Hauptteils des Fühlers auf Basis der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 17 ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer fünften Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 18 eine Querschnittsseitenansicht zum Darstellen einer sechsten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 19 eine perspektivische Ansicht zum Darstellen des Hauptteils des Fühlers der sechsten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 20 eine Querschnittsseitenansicht zum Darstellen eines modifizierten Beispiels des Hauptteils des Fühlers auf Basis der sechsten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 21 ein schematisches Diagramm zum Darstellen eines üblichen Fühlers; und

Fig. 22 ein vereinfachtes Schaltbild des üblichen Fühlers.

Unter Bezug auf die bevorzugten Ausführungsformen wird der Fühler gemäß der vorliegenden Erfindung detaillierter nachfolgend im Zusammenhang mit der beiliegenden Zeichnung beschrieben.

#### Ausführungsform 1

Fig. 1 zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer ersten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung, und die Fig. 1a und 1b zeigen jeweils eine Seitenansicht und eine perspektivische Ansicht hiervon.

Der Fühler enthält: eine Drehwelle 1; ein Rotationselement aus Magnetmaterial 2, das als Magnetfeldveränderungs-Induktionsvorrichtung dient; das Rotationselement aus Magnetmaterial 2 weist zumindest einen vorstehenden oder ausgesparten Abschnitt auf, und das Rotationselement aus Magnetmaterial 2 ist so angepaßt, daß es sich synchron zur Drehung der Drehwelle 1 dreht; ein Magnetfeld-Abtastelement, beispielsweise eine magnetoresistive Grobeinrichtung 10, die in einer Radialrichtung ausgehend von dem Rotationselement aus Magnetmaterial 2 angeordnet ist, bei einer Stelle mit festgelegter Distanz bezogen auf das Rotationselement aus Magnetmaterial 2; und einen Magneten 4, der als Magnetfeld-Generiervorrichtung zum Anlegen ei-

nes Magnetfelds an der magnetoresistiven Grobeinrichtung 10 dient, derart, daß die magnetoresistive Grobeinrichtung 10 ein magnetoresistives Muster 10a enthält, das als Magnetfeld-Abtastmuster dient, sowie eine Dünnschichtebene (Magnetfeld-Abtastebene) 10b.

Dreht sich das Rotationselement aus Magnetmaterial 2, so verändert sich das an der Magnetfeld-Abtastebene 10b der magnetoresistiven Grobeinrichtung 10 anliegende Magnetfeld, und somit verändert sich der Widerstand des magnetoresistiven Musters 10a in entsprechender Weise.

Bei diesem Fühler weist die magnetoresistive Grobeinrichtung 10 eine Mehrschichtstruktur auf, bestehend aus alternativ aufgetragenen magnetischen Schichten und nichtmagnetischen Schichten, jeweils mit einer Dicke im Bereich von einigen Å bis einigen zehn Å. Eine derartige Mehrschichtstruktur ist als Übergitterstruktur bekannt, und ein spezielles Beispiel ist in einer Veröffentlichung offenbart, die den Titel "Magnetoresistiver Effekt von Mehrschichtstrukturen" trägt und in Journal of Magnetic Society of Japan, Bd. 15, Nr. 51991, Seiten 813—821, veröffentlicht ist. Spezielle Strukturen enthalten  $(\text{Fe/Cr})_n$ ,  $(\text{Permalloy/Cu/Co/Cu})_n$ ,  $(\text{Co/Cu})_n$ , usw. Diese Übergitterstrukturen weisen einen erheblich größeren magnetoresistiven Effekt (magnetoresistiven Großeffekt) auf, als übliche magnetoresistive Einrichtungen. Bei diesen magnetoresistiven Grobeinrichtungen mit einer Übergitterstruktur hängt der magnetoresistive Effekt lediglich von dem Relativwinkel zwischen der Magnetisierung benachbarter Magnetschichten ab, und demnach hängt die Veränderung des Widerstands nicht von der Richtung des externen und im Hinblick auf die Stromrichtung anliegenden Magnetfelds ab (diese Eigenschaft wird als magnetische Innenebenen-Feldempfindlichkeit bezeichnet).

In Hinblick auf die obigen Ausführungen wird bei der vorliegenden Erfindung die Magnetfeld-Abtastebene zum Detektieren der Veränderung des Magnetfelds im wesentlichen mit magnetoresistiven Grobeinrichtungen 10 gebildet, und Elektroden werden derart gebildet, daß die jeweiligen magnetoresistiven Grobeinrichtungen in einer solchen Weise verbunden sind, daß sie eine Brückenschaltung bilden. Zwei entgegengesetzte Knoten der Brückenschaltung sind mit einer Konstantspannungsquelle oder einer Konstantstromquelle derart verbunden, daß die Veränderung des Widerstands der magnetoresistiven Grobeinrichtungen 10 in eine Veränderung der Spannung umgesetzt wird, wodurch die Veränderung des Magnetfelds, das an den magnetoresistiven Grobeinrichtungen 10 anliegt, detektiert wird.

Die Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild zum Darstellen des Aufbaus des oben beschriebenen Fühlers unter Einsatz der magnetoresistiven Grobeinrichtungen.

Der Fühler enthält: eine Wheatstone-Brückenschaltung 11 mit magnetoresistiven Grobeinrichtungen, die mit einer festgelegten Distanz von dem Rotationselement aus Magnetmaterial 2 derart angeordnet sind, daß ein Magnetfeld ausgehend von einem Magneten 4 an den magnetoresistiven Grobeinrichtungen angelegt wird; einen Differenzialverstärker 12 zum Verstärken des Ausgangssignals der Wheatstone-Brückenschaltung 11; eine Wechselstrom-Kopplungsschaltung 20 zum Blockieren der Gleichspannungs-Komponente des Ausgangssignals des Differenzialverstärkers 12, einen Komparator 13 zum Vergleichen des Ausgangssignals der Wechselstrom-Kopplungsschaltung 20 mit einem Referenzwert, sowie zum Ausgeben eines "0"-Signals oder eines "1"-Signals in Abhängigkeit von dem Vergleichser-



gebnis; eine Signalform-Formgebungsschaltung 14 zum Formgeben der Signalform des Ausgangssignals des Komparators 13 sowie zum Zuführen eines "0"- oder "1"-Signals mit deutlich ausgebildeten steigenden oder fallenden Flanken zu dem Ausgangsanschluß 15. Der obige Differenzialverstärker 12, Komparator 13 und die Signalform-Formgebungsschaltung 14 bilden eine Signalverarbeitungsvorrichtung.

Die Fig. 3 zeigt ein Schaltbild zum Darstellen eines speziellen Beispiels der in Fig. 2 gezeigten Schaltung.

Die Wheatstone-Brückenschaltung 11 enthält Zweige 10A, 10B, 10C und 10D, die jeweils mit einer magnetoresistiven Großeinrichtung gebildet sind. Ein Ende der magnetoresistiven Großeinrichtung 10A und ein Ende der magnetoresistiven Großeinrichtung 10C sind gemeinsam miteinander verbunden, und der Knoten 16 zwischen diesen Einrichtungen 10A und 10C ist mit dem Stromversorgungsanschluß Vcc verbunden. Ein Ende der magnetoresistiven Großeinrichtung 10B und ein Ende der magnetoresistiven Großeinrichtung 10D sind gemeinsam miteinander verbunden, und der Knoten 17 zwischen diesen Einrichtungen 10B und 10D ist geerdet. Die anderen Enden der magnetoresistiven Großeinrichtungen 10A und 10B sind mit einem Knoten 18 verbunden, während die anderen Enden der magnetoresistiven Großeinrichtungen 10C und 10D mit einem Knoten 19 verbunden sind.

Der Knoten 18 der Wheatstone-Brückenschaltung 11 ist über einen Widerstand mit dem invertierenden Eingang des Verstärkers 12a verbunden, der den Differenzialverstärker 12 bildet. Der Knoten 19 ist über einen Widerstand mit dem nichtinvertierenden Eingangsanschluß des Verstärkers 12a verbunden, und der nichtinvertierende Eingang des Verstärkers 12a ist ferner über einen Widerstand mit einem Spannungsteiler verbunden, der eine Referenzspannungsversorgung bildet.

Der Ausgangsanschluß des Verstärkers 12a ist mit dem invertierenden Eingangsanschluß des Komparators 13 verbunden. Der nichtinvertierende Eingangsanschluß des Komparators 13 ist mit einem Spannungsteiler verbunden, der eine Referenzspannungsversorgung bildet, die aus den Widerständen 21 und 22 besteht, und weiterhin ist dieser über einen Widerstand mit dem Ausgangsanschluß des Komparators 13 verbunden.

Der Ausgangsanschluß des Komparators 13 ist auch mit der Basis eines Transistors 14a verbunden. Der Kollektor des Transistors 14a ist mit dem Ausgangsanschluß 15 und ebenso mit einem Stromversorgungsanschluß Vcc über einen Widerstand verbunden. Der Emitter des Transistors 14a ist geerdet.

Fig. 4 zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen magnetoresistiver Großeinrichtungen 10A, 10B, 10C und 10D, die auf einem Substrat 20 derart gebildet wird, daß durch diese Einrichtungen eine Wheatstone-Brückenschaltung 11 aufgebaut wird.

Nun wird zunächst der Betrieb nachfolgend unter Bezug auf die Fig. 5 beschrieben.

Bei Drehung des Rotationselements aus Magnetmaterial 2 verändert sich das an den magnetoresistiven Großeinrichtungen 10A bis 10D anliegende Magnetfeld in Ansprechen auf das Vorbeiführen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial 2, wie in Fig. 5a gezeigt ist, und das an den magnetoresistiven Einrichtungen 10A und 10D anliegende Magnetfeld weist tatsächlich im Vergleich zu den an den magnetoresistiven Einrichtungen 10B und 10C anliegenden eine entgegengesetzte Phase auf. Die obige Veränderung des Magnetfelds wird durch die ma-

gnetoresistiven Einrichtungen 10A und 10D detektiert, und ebenso durch die magnetoresistiven Einrichtungen 10B und 10C, und die Phase der durch die magnetoresistiven Einrichtungen 10A und 10D detektierten Phase wird umgekehrt zu derjenigen, die durch die magnetoresistiven Einrichtungen 10B und 10C detektiert wird. Im Ergebnis wird die Gesamtamplitude der Veränderung des Magnetfelds effektiv viermal größer als diejenige, die sich durch eine einzige magnetoresistive Großeinrichtung erfassen läßt.

Eine entsprechende Veränderung des Widerstands tritt in jeder magnetoresistiven Großeinrichtung auf. Demnach weisen die magnetoresistiven Großeinrichtungen 10A und 10D maximalen und minimalen Widerstand an den Stellen auf, die eine entgegengesetzte Phase zu den Stellen aufweisen, bei denen die magnetoresistiven Großeinrichtungen 10B und 10C maximalen und minimalen Widerstand aufweisen. Im Ergebnis verändern sich auch die Spannungen bei den Knoten 18 und 19 (Mittenpunktspannungen) der Wheatstone-Brückenschaltung 11 in ähnlicher Weise.

Die Differenz der Mittenpunktspannung wird durch den Differenzialverstärker 12 verstärkt. Wie in Fig. 5b gezeigt ist, gibt der Differenzialverstärker 12 ein Signal V<sub>DO</sub> aus, entsprechend den vorstehenden und ausgesparten Abschnitten des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial, wie in Fig. 5a gezeigt. Demnach wird das Ausgangssignal des Differenzialverstärkers 12 im wesentlichen viermal größer als dasjenige, das durch eine einzige GMR-Einrichtung erhalten wird.

Das Ausgangssignal V<sub>DO</sub> dieses Differenzialverstärkers 12 wird dem Komparator 13 so zugeführt, daß ein Vergleich mit der Referenzspannung erfolgt. Der Komparator 13 gibt ein "0"- oder "1"-Signal in Übereinstimmung mit dem Vergleichsergebnis aus. Die Signalform dieses Signals wird dann durch die Signalform-Formgebungsschaltung 14 geformt. Im Ergebnis wird ein Ausgangssignal mit einem "0"- oder "1"-Pegel und mit steilen ansteigenden und fallenden Flanken über den Ausgangsanschluß 15 gebildet, wie in Fig. 5c gezeigt.

Mit dem oben beschriebenen Aufbau wird die Differenz zwischen den Mittenpunktspannungen in differentieller Weise verstärkt, und die Veränderung des durch die zugeordneten magnetoresistiven Einrichtungen detektierten Magnetfelds wird wirksam auf einen im Vergleich zu dem mit einer einzigen magnetoresistiven Einrichtung erhältlichen viermal größeren Pegel angehoben. Dies bedeutet, daß der Aufbau mit Einsatz einer Brückenschaltung eine zuverlässige Vorrichtung zum Umsetzen der Veränderung des Magnetfelds aufgrund der Drehung des Rotationselements aus Magnetmaterial 2 in eine große Veränderung eines Widerstands bilden kann.

Somit ist es möglich, ein entsprechend großes Signal an dem Ausgang des Differenzialverstärkers 12 zu erhalten, was zu einem großen Randabstand bei dem Signal im Hinblick auf den Referenzpegel bei dem durch den Komparator 13 durchgeführten Vergleichsbetrieb, wodurch die Beständigkeit gegenüber einer Störung aufgrund eines externen Rauschens erhöht wird, und somit gewährleistet ist, daß der Komparator ein zuverlässigeres Ausgangssignal mit einem "0"- oder einem "1"-Pegel ausgeben kann.

Bei der obigen Struktur kann die GMR-Einrichtung 10 wirksam die Veränderung des Magnetfelds gemäß den vorstehenden und ausgesparten Abschnitten des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial dann detektieren, wenn die Abmessungen der Elemente so ausge-



wählt sind, daß gilt  $L_3 \leq L_1$  und  $L_3 \leq L_2$  derart, daß  $L_1$  und  $L_2$  jeweils, wie in Fig. 6 gezeigt, die Größen der ausgesparten Abschnitte und der vorstehenden Abschnitte des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial kennzeichnen und  $L_3$  die Größe der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtung 10 kennzeichnet. Im Ergebnis ist es möglich, ein präzises Detektionssignal mit hoher Zuverlässigkeit zu erhalten.

Die Fig. 7 zeigt Beispiele der Widerstandsveränderungen der GMR-Einrichtungen 10A und 10B, die wie in Fig. 3 gezeigt, die Brückenschaltung bilden, und zwar für vier unterschiedliche Bedingungen im Hinblick auf die Größe  $L_3$  der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtung 10 sowie der Größen  $L_1$ ,  $L_2$  der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial.

Sie sich anhand von Fig. 7 erkennen läßt, wird ein maximaler Wirkungsgrad bei der Detektion der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial in dem Fall erzielt, in dem die Veränderungen der Widerstände der GMR-Einrichtungen 10A und 10B groß sind und die GMR-Einrichtung 10B einen minimalen Widerstand dann aufweist, wenn die GMR-Einrichtung 10A einen maximalen Widerstand aufweist, oder umgekehrt die GMR-Einrichtung 10B einen maximalen Widerstand aufweist, wenn die GMR-Einrichtung 10A einen minimalen Widerstand aufweist.

Anhand von Fig. 7 läßt sich ebenfalls erkennen, daß die Detektion mit hohem Wirkungsgrad dann möglich ist, wenn die oben beschriebenen Bedingungen  $L_3 \leq L_1$ ,  $L_3 \leq L_2$  erfüllt sind.

Bei den anderen vier Beispielen liegt im Fall von Fig. 7a, in dem  $L_3 = L_1/2$  und  $L_3 = L_2/2$  gilt, keine Symmetrie der Widerstandsveränderung zwischen den GMR-Einrichtungen 10A und 10B vor, obgleich eine große Widerstandsveränderung erhalten wird. Andererseits wird im Fall der Fig. 7b, in dem  $L_3 = L_1 \times (2/3)$  und  $L_3 = L_2 \times (2/3)$  gilt, nicht nur eine große Widerstandsveränderung erhalten, sondern auch eine gute Symmetrie der Widerstandsveränderung. Im Fall der Fig. 7c, in dem  $L_3 = L_1$  und  $L_3 = L_2$  gilt, wird keine große Veränderung des Widerstands erhalten, obgleich eine gute Symmetrie der Widerstandsveränderung vorliegt. Im Fall der Fig. 7d, in dem  $L_3 > L_1$  und  $L_3 > L_2$  gilt, wird weder eine große Widerstandsveränderung noch eine gute Symmetrie der Widerstandsveränderung erhalten.

Wie oben beschrieben, ist es möglich, die Abmessungen der GMR-Einrichtungen relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial zu optimieren. In anderen Worten ausgedrückt ist es möglich, den Detektionswirkungsgrad dadurch zu maximieren, daß die Abmessungen der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtungen relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial optimiert werden (bei den speziellen oben beschriebenen Beispielen gehören die in Fig. 7b gezeigten Bedingungen zu der besten Eigenschaft).

Obgleich bei dieser spezifischen Ausführungsform die mit GMR-Einrichtungen aufgebaute Wheatstone-Brückenschaltung eingesetzt wird, lassen sich andere ähnliche Brückenschaltungsaufbauten ebenfalls einsetzen.

Bei dieser Ausführungsform wird, wie oben beschrieben, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung eines Magnetfelds dadurch erhalten, daß die Abmessungen der Magnetfeld-Abtastebene der

GMR-Einrichtungen relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial optimiert werden.

Ferner lassen sich die Flanken der vorstehenden ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial präzise über die mit GMR-Einrichtungen aufgebaute Brückenschaltung detektieren. Hierdurch ist es möglich, eine größere Genauigkeit für das abschließende Ausgangssignal zu erreichen.

## Ausführungsform 2

Fig. 8 zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

In dieser Figur sind ähnliche Elemente und Teile im Vergleich zu den in Fig. 6 gezeigten anhand gleicher Bezugszeichen gekennzeichnet, und sie werden hier nicht weiter detailliert beschrieben. Ferner ist bei dieser vorliegenden Ausführungsform die Gesamtstruktur, die geometrische Struktur der auf einem Substrat aufgetragenen GMR-Einrichtungen und der Schaltungsaufbau einschließlich der Wheatstone-Brückenschaltung ähnlich zu derjenigen der ersten Ausführungsform, die oben beschrieben sind, und somit werden sie hier nicht weiter detailliert beschrieben.

Bei der oben beschriebenen ersten Ausführungsform wird eine hochgenaue und hochwirksame Detektion eines Magnetfelds dadurch erreicht, daß die Abmessungen der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtungen innerhalb des spezifischen Bereichs relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial gehalten werden. Im Gegensatz hierzu wird bei der vorliegenden Ausführungsform die Abmessung des Magneten relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial begrenzt, und zwar innerhalb eines optimalen Bereichs.

Dies bedeutet, daß dann, wenn der Magnet eine Größe  $L_4$  aufweist, die die Bedingungen  $L_4 \leq 5L_1$  und  $L_4 \leq 5L_2$  aufweist, es möglich ist, eine hochwirksame Detektion der vorstehenden ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial zu erzielen.

Fig. 9 zeigt Beispiele der Widerstandsveränderungen der GMR-Einrichtungen 10A und 10B, die die in Fig. 3 gezeigte Brückenschaltung bilden, und zwar für zwei unterschiedliche Bedingungen im Hinblick auf die Größe  $L_4$  des Magneten relativ zu den Größen  $L_1$ ,  $L_2$  der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial.

Weiterhin wird in diesem Fall ein maximaler Wirkungsgrad bei der Detektion der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial dann erzielt, wenn die Veränderungen der Widerstände der GMR-Einrichtungen 10A und 10B groß sind und wenn die GMR-Einrichtung 10B einen minimalen Widerstand dann aufweist, wenn die GMR-Einrichtung 10A einen maximalen Widerstand aufweist, oder umgekehrt die GMR-Einrichtung 10B einen maximalen Widerstand aufweist, wenn die GMR-Einrichtung 10A einen minimalen Widerstand aufweist.

Insbesondere werden, wie sich anhand von Fig. 9 erkennen läßt die obigen Anforderungen erfüllt, wenn gilt  $L_4 \leq 5L_1$  und  $L_4 \leq 5L_2$ .

Das heißt, daß im Fall der Fig. 9a, in dem  $L_4 \leq 5L_1$  und  $L_4 \leq 5L_2$  gilt, nicht nur eine große Widerstandsveränderung erhalten wird, sondern ebenfalls eine gute



Symmetrie der Widerstandsveränderung. Andererseits ist in dem Fall der Fig. 9b, in dem  $L_4 > 5L_1$  und  $L_4 > 5L_2$  gilt, die Veränderung des Widerstands klein, obgleich eine gute Symmetrie der Widerstandsveränderung vorliegt.

Wie oben beschrieben, läßt sich der Detektionswirkungsgrad maximieren, indem die Größe des Magneten relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial optimiert werden (in den spezifischen, oben beschriebenen Beispielen führen die in Fig. 9a gezeigten Bedingungen zu dem besten Ergebnis).

Obgleich in dieser spezifischen Ausführungsform die mit den GMR-Einrichtungen aufgebaute Wheatstone-Brückenschaltung eingesetzt wird, können andere ähnliche Brückenschaltungs-Aufbauten ebenfalls eingesetzt werden.

Demnach läßt sich eine hohe Genauigkeit und ein hoher Wirkungsgrad bei der Detektion der Veränderung des Magnetfelds erreichen, indem die Größe des Magneten relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial optimiert werden.

Ferner lassen sich die Flanken der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial präzise durch die mit GMR-Einrichtungen aufgebaute Brückenschaltung detektieren. Hierdurch wird es möglich, eine größere Genauigkeit bei dem abschließenden Ausgabesignal zu erreichen.

### Ausführungsform 3

Fig. 10 zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer dritten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

In dieser Figur sind im Vergleich zur Fig. 6 ähnliche Elemente und Teile anhand derselben Bezugszeichen gekennzeichnet, und sie werden hier nicht weiter detailliert beschrieben. Ferner stimmen bei dieser vorliegenden Ausführungsform die Gesamtstruktur, die geometrische Struktur der auf einem Substrat aufgebrachten GMR-Einrichtungen und der Schaltungsaufbau einschließlich der Wheatstone-Brückenschaltung mit dem bei der ersten und oben beschriebenen Ausführungsform eingesetzten überein, und somit werden sie hier nicht weiter detailliert beschrieben.

Bei der oben beschriebenen ersten und zweiten Ausführungsform wird eine hochgenaue und hochwirksame Detektion des Magnetfelds dadurch erreicht, daß die Größe des Magneten oder die Abmessungen der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtungen relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial optimiert werden. Im Gegensatz hierzu wird bei der vorliegenden Ausführungsform die Stelle des Magneten relativ zu der Feldabtastebene der GMR-Einrichtung optimiert.

Dies bedeutet, daß es dann, wenn die Distanz  $L_3$  zwischen dem Magneten und der Magnetfeld-Abtastebene zu  $L_3 \leq 5L_1$  bestimmt ist, möglich ist, einen hohen Wirkungsgrad bei der Detektion der vorstehenden ausgesparten Abschnitte des Rotationselements des Magnetmaterials zu erreichen.

Die Fig. 11 zeigt Beispiele von Widerstandsveränderungen bei den die in Fig. 3 gezeigte Brückenschaltung bildenden GMR-Einrichtungen 10A und 10B, für drei unterschiedliche Bedingungen im Hinblick auf die Größe  $L_3$  der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrich-

tung 10 und der Distanz  $L_3$  zwischen dem Magneten und der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtung.

Weiterhin wird in diesem Fall ein maximaler Wirkungsgrad bei der Detektion der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial dann erreicht, wenn die Veränderungen der Widerstände der GMR-Einrichtungen 10A und 10B groß sind, und wenn die GMR-Einrichtung 10B einen minimalen Widerstand dann aufweist, wenn die GMR-Einrichtung 10A einen maximalen Widerstand aufweist, oder andererseits die GMR-Einrichtung 10B einen maximalen Widerstand dann aufweist, wenn die GMR-Einrichtung 10A einen minimalen Widerstand aufweist.

Wie insbesondere anhand von Fig. 11a gezeigt ist, sind die obigen Bedingungen dann erfüllt, wenn  $L_3 \leq 5L_1$  gilt.

Bei den obigen Beispielen liegt in dem Fall der Fig. 11b, in dem  $L_3 = L_1$  gilt, keine Symmetrie der Widerstandsveränderung vor, obgleich eine große Widerstandsveränderung erhalten wird. Andererseits wird im Fall der Fig. 11c, in dem  $L_3 = 3L_1$  gilt, nicht nur eine große Widerstandsveränderung erhalten, sondern ebenfalls eine gute Symmetrie der Widerstandsveränderung. Im Fall der Fig. 11d, in dem  $L_3 = 2L_1$  gilt, liegt keine Symmetrie der Widerstandsveränderung vor, obgleich eine große Widerstandsveränderung erhalten wird.

Wie oben beschrieben, läßt sich der Detektionswirkungsgrad dadurch maximieren, daß die Distanz zwischen Magneten und der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtung in dem Bereich von  $L_3 \leq 5L_1$  optimiert wird (bei den spezifischen oben beschriebenen Beispielen führen die in Fig. 11c gezeigten Bedingungen zu dem besten Ergebnis).

Obgleich die mit den GMR-Einrichtungen aufgebaute Wheatstone-Brückenschaltung bei dieser spezifischen Ausführungsform eingesetzt wird, können andere ähnliche Brückenschaltungs-Aufbauten ebenfalls eingesetzt werden.

Bei dieser Ausführungsform wird, wie oben beschrieben, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung eines Magnetfelds dadurch erreicht, daß die Distanz zwischen dem Magneten und der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtung optimiert wird.

Ferner lassen sich die Flanken der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial präzise über die Brückenschaltung detektieren, die mit GMR-Einrichtungen aufgebaut ist. Somit ist es möglich, eine größere Genauigkeit für das abschließende Ausgangssignal zu erreichen.

### Ausführungsform 4

Die Fig. 12 bis 15 zeigen die vierte Ausführungsform der Erfindung, bei der die Erfindung bei einem Verbrennungsmotor eingesetzt wird. Die Fig. 12 zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen des Aufbaus des Gesamtsystems der Ausführungsform. Die Fig. 13 zeigt eine perspektivische Ansicht zum Darstellen der Relativpositionen des Hauptteils eines Fühlers und eines Rotationselements aus Magnetmaterial. Die Fig. 14 zeigt eine perspektivische Ansicht zum Darstellen des Hauptteils des Fühlers, und die Fig. 15 zeigt die Innenstruktur hiervon. Wie anhand dieser Figuren gezeigt ist, ist der Hauptteil des Fühlers 50 an einer Stelle benachbart zu dem Verbrennungsmotor 60 angeordnet. Ein Rotationselement aus Magnetmaterial 52 dient als Signalplatte, und ist auf einer Kurbelwelle oder einer Nockenwelle des Motors 60 angeordnet, die als Drehwelle 51 derart



eingesetzt wird, daß das Rotationselement aus Magnetmaterial 52 sich synchron mit der Drehwelle 51 drehen kann, und das Rotationselement aus Magnetmaterial 52 weist zumindest einen vorstehenden oder ausgesparten Abschnitt auf, wie bei dem oben beschriebenen Rotationselement aus Magnetmaterial 2.

Eine Steuereinheit 61 ist mit einer Schaltungseinheit des Hauptteils des Fühlers 50 verbunden. Die Steuereinheit 61 ist ebenfalls mit einer Drosselklappe verbunden, die im Ansaugstutzen 62 des Verbrennungsmotors 60 angeordnet ist.

Der Hauptteil des Fühlers 50 ist in der Nähe des Verbrennungsmotors 60 derart angeordnet, daß die Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtungen des Hauptteils des Fühlers 50 dem Rotationselement aus Magnetmaterial 52 gegenüberliegen.

Wie in Fig. 14 gezeigt enthält der Hauptteil des Fühlers 50: ein Gehäuse 53, das aus Harz oder einem nicht-magnetischen Material hergestellt ist; einen Befestigungsteil 54; und Eingabe/Ausgabe-Leitungsanschlüsse 55 wie einen Stromversorgungsanschluß, einen Masseanschluß und einen Ausgangsanschluß, die sich von dem Unterabschnitt des Gehäuses 52 erstrecken.

Wie in Fig. 15 gezeigt, liegt in der Innenseite des Gehäuses 53 ein Substrat 56 vor, auf dem eine Schaltung angeordnet ist, beispielsweise diejenige, die zuvor unter Bezug auf die Fig. 3 beschrieben wurde. Auf dem Substrat 56 sind auch magnetoresistive Großeinrichtungen 57 vorgesehen, sowie ein Magnet 58, die/der beispielsweise jeweils der oben beschriebenen magnetoresistiven Großeinrichtung 10 und dem Magneten 4 ähnlich sind.

Nachfolgend wird der Betrieb beschrieben.

Bei Start des Verbrennungsmotors 60 und dem hiermit verbundenen Start der Drehbewegung des Rotationselements aus Magnetmaterial 52 synchron zu der Drehung der Drehwelle 51 verändert sich das an der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtungen 57 des Hauptteils des Fühlers 50 anliegende Magnetfeld in Ansprechen auf die vorstehenden und ausgesparten Abschnitte, und eine entsprechende Veränderung tritt bei dem Widerstand der magnetoresistiven Großeinrichtungen 57 auf. Im Ergebnis verändert sich eine Spannungsdifferenz zwischen den Mittelpunktspannungen einer Wheatstone-Brückenschaltung mit den magnetoresistiven Großeinrichtungen 57 in entsprechender Weise. Die Spannungsdifferenz wird durch einen Differenzialverstärker verstärkt, und das Ausgangssignal des Differenzialverstärkers wird einem Komparator zugeführt, der selbst wiederum das Ausgangssignal des Differenzialverstärkers mit einer Referenzspannung vergleicht, und ein "0"- oder ein "1"-Signal in Ansprechen auf das Vergleichsergebnis ausgibt. Das Ausgangssignal des Komparators wird dann durch eine Signalform-Formgebungsschaltung geformt. Das sich ergebende Signal mit einem "0"- oder einem "1"-Pegel wird der Steuereinheit 61 zugeführt. Anhand dieses Signals kann die Steuereinheit 61 die Information über den Drehwinkel und die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle und der Nockenwelle im Zusammenhang mit jedem Zylinder des Verbrennungsmotors 60 ableiten.

Auf Basis des Ausgangssignals des Fühlers, das entweder einen "0"- oder einen "1"-Pegel aufweist, und ebenfalls auf Basis der Information über das Öffnungsverhältnis der Drosselklappe 63 generiert die Steuereinheit 61 Steuersignale, durch die der Zündzeitpunkt der (nicht gezeigten) Zündkerzen und der Einspritzzeitpunkt der Benzineinspritzventile gesteuert wird.

Obgleich bei dem oben beschriebenen speziellen Beispiel der Hauptteil des Fühlers 50 Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse 55 in der Form von Leitern aufweist, läßt sich auch ein Verbinder 59 einsetzen, beispielsweise der in Fig. 16 gezeigte, der sich in lösbarer Weise an dem Gehäuse 53 befestigen läßt.

In diesem Fall sind die Anschlüsse 55 in dem Verbinder 59 derart enthalten, daß dann wenn der Verbinder 59 an das Gehäuse 53 angepaßt ist, die Anschlüsse 55 in Kontakt mit der auf dem Substrat 56 aufgebrachten Schaltung gelangen. Der Verbinder 59 erleichtert die Handhabung des Fühlers mit einem einfachen Mechanismus, und er erleichtert auch die Befestigung des Fühlers bei einem Verbrennungsmotor.

Wie oben beschrieben, bildet die vorliegende Ausführungsform einen hochpräzisen Fühler mit geringen Abmessungen, der präzise den Drehwinkel (die Drehgeschwindigkeit) der Kurbelwelle oder der Nockenwelle eines Verbrennungsmotors detektieren kann. Dies ermöglicht die präzise Steuerung des Verbrennungsmotors. Ferner läßt sich der Fühler der vorliegenden Ausführungsform einfach in hochzuverlässiger Weise bei einem Verbrennungsmotor montieren, ohne daß ein großer Montageraum erforderlich ist.

#### Ausführungsform 5

Fig. 17 zeigt eine fünfte Ausführungsform der Erfindung, und Fig. 17a zeigt eine perspektivische Ansicht zum Darstellen der Relativpositionen des Hauptteils eines Fühlers und eines Rotationselements aus Magnetmaterial, und Fig. 17b zeigt eine Seitenansicht hiervon. In Fig. 17 sind im Vergleich zur Fig. 13 ähnliche Elemente und Teile anhand gleicher Bezugszeichen gekennzeichnet, und sie werden hier nicht weiter detailliert beschrieben.

Bei allen vorhergehenden Ausführungsformen ist der Hauptteil des Fühlers in einer rechtwinklig zur Drehachse verlaufenden Position angeordnet. Im Gegensatz hierzu ist bei dieser zehnten Ausführungsform der Hauptteil des Fühlers in einer parallel zur Drehachse liegenden Position angeordnet.

Dies bedeutet, daß wie in Fig. 17 gezeigt, der Hauptteil des Fühlers 50 entlang einer Richtung der Drehachse 51 derart verschoben ist, daß die Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtung des Hauptteils des Fühlers 50 den vorstehenden und ausgesparten Abschnitten 52a des Drehelements aus Magnetmaterial 52 gegenüberliegt.

Die vorliegende Ausführungsform ermöglicht nicht nur die ähnlichen Wirkungen, wie sie mit der oben beschriebenen fünften Ausführungsform erreicht werden, sondern sie weist auch einen zusätzlichen Vorteil dahingehend auf, daß sich der Raum in der Nähe der Drehachse wirksam zum Anordnen des Hauptteils des Fühlers nützen läßt. Bei diesem Aufbau ist kein zusätzlicher Raum in Radialrichtung zum Installieren des Hauptteils des Fühlers erforderlich, und somit ist es möglich, die Größe des Fühlers weiter zu reduzieren.

#### Ausführungsform 6

Die Fig. 18 und 19 zeigen eine sechste Ausführungsform der Erfindung, und die Fig. 18 zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen des Hauptteils eines Fühlers 19, und die Fig. 19 zeigt eine Seitenansicht hiervon.

In diesen Figuren sind im Vergleich zur Fig. 13 oder



15 ähnliche Elemente und Teile anhand gleicher Bezugszeichen gekennzeichnet, und sie werden hier nicht weiter detailliert beschrieben.

Bei allen vorhergehenden Ausführungsformen sind die magnetoresistiven Großeinrichtungen des Hauptteils des Fühlers mit einem festgelegten Abstand getrennt von dem Drehelement aus Magnetmaterial angeordnet. Im Gegensatz hierzu ist bei dieser zwölften Ausführungsform das Rotationselement aus Magnetmaterial zwischen einem Magneten und der magnetoresistiven Großeinrichtung des Hauptteils des Fühlers derart angeordnet, daß das Rotationselement aus Magnetmaterial gemäß einer festgelegten Distanz bezogen auf den Magneten und die magnetoresistive Großeinrichtung beabstandet ist.

Der Hauptteil des Fühlers 50A enthält: ein Gehäuse 70, das beispielsweise aus einem Harz oder einem nicht-magnetischen Material hergestellt ist; eine Abdeckung 71 zum Schützen einer magnetoresistiven Großeinrichtung 57, die ähnlich zu der oben beschriebenen magnetoresistiven Großeinrichtung 10 ist, derart, daß die magnetoresistive Großeinrichtung 57 in einem Hohlraum 70a im Inneren des Gehäuses 70 angeordnet ist; und einen Befestigungsteil. In dem Hohlraum 70a im Inneren des Gehäuses 70 ist ein (nicht gezeigtes) Substrat vorgesehen, auf dem eine Schaltung montiert ist, die ähnlich zu der oben unter Bezug auf die Fig. 3 beschriebenen ist. Die magnetoresistive Großeinrichtung 57 ist auf dem oben beschriebenen Substrat montiert. Die magnetoresistive Großeinrichtung 57 ist elektrisch mit den Anschlüssen 72 verbunden, die sich zu dessen Unterabschnitt hin über die Innenseite des Hauptteils des Fühlers 50A erstrecken. Die anderen Enden der Anschlüsse 72 sind mit Eingabe/Ausgabe-Leitungsanschlüssen 73 verbunden, einschließlich einem Stromversorgungsanschluß, einem Masseanschluß und einem Ausgangsanschluß, die sich zur Außenseite über die Verbindung mit einer externen Schaltung erstrecken.

Ein Magnet 58 ist an der Unterseite des Raums 70b bei einer Seite des Gehäuses 70 derart angeordnet, daß der Magnet 58 der Magnetfeld-Abtastebene der in dem Hohlraum 70a angeordneten magnetoresistiven Großeinrichtung 57 gegenüberliegt. Das Rotationselement aus Magnetmaterial 52, das so ausgebildet ist, daß es sich synchron mit der Drehwelle 51 dreht, ist in einer solchen Weise angeordnet, daß zumindest dessen vorstehende und ausgesparte Abschnitte durch die Lücke zwischen der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 und dem Magneten 58 hindurchtreten.

Bei diesem Aufbau wird ein magnetischer Pfad über den Magneten 58, das Rotationselement aus Magnetmaterial 52 und der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 gebildet. Ist ein ausgesparter Abschnitt des Rotationselements aus Magnetmaterial 52 zwischen der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 und dem Magneten 58 angeordnet, so liegt das von dem Magneten 58 ausgehende Magnetfeld direkt an der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 an. Andererseits wird dann, wenn ein vorstehender Abschnitt des Rotationselements aus Magnetmaterial 52 zwischen der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 und dem Magneten 58 angeordnet ist, das von dem Magneten 58 ausgehende Magnetfeld in dem Rotationselement aus Magnetmaterial 52 absorbiert, und im Ergebnis liegt im wesentlichen kein Feld an der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 an.

Demnach weist die obige Struktur tatsächlich dieselbe Funktion wie das Rotationselement aus Magnetma-

terial 52 auf, von dem zumindest ein Teil als Magnet ausgebildet ist, wie bei den oben im Zusammenhang mit den Fig. 11 und 14 beschriebenen Ausführungsformen. Im Ergebnis ist es mit dieser Struktur auch möglich, einen Detektionsbetrieb unmittelbar nach dem Anschalten der Stromversorgung zu starten.

Bei dem oben speziell beschriebenen Beispiel ist der Magnet 58 an der Unterseite des Raums 70b auf der Seite des Gehäuses 70 derart angeordnet, daß der Magnet 58 der Magnetfeld-Abtastebene der in dem Hohlraum 70a angeordneten magnetoresistiven Großeinrichtung 57 gegenüberliegt. Jedoch kann ferner ein Kern 75 zwischen der Unterseite des Raums 70b und dem Magneten 58 vorgesehen sein, wie in Fig. 29 gezeigt, wodurch eine Magnetschaltung gebildet wird. In diesem Fall wird ein geschlossener magnetischer Pfad gebildet, der von dem Magneten 58 ausgeht, und über das Rotationselement aus Magnetmaterial 52 verläuft, sowie die magnetoresistive Großeinrichtung 57, das Rotationselement aus Magnetmaterial 52, den Kern 75 und schließlich bei dem Magneten 58 endet. Die magnetische Schaltung führt zu einer Verbesserung der Zuverlässigkeit des Meßbetriebs.

Demnach gewährleistet die vorliegende Ausführungsform nicht nur Wirkungen ähnlich denjenigen der oben beschriebenen vierten Ausführungsform, sondern es ergibt sich auch ein zusätzlicher Vorteil dahingehend, daß es möglich ist, einen Meßbetrieb unmittelbar dann zu starten, wenn die Stromversorgung angeschaltet wird, selbst wenn das Rotationselement aus Magnetmaterial genau zwischen der magnetoresistiven Großeinrichtung und dem Magneten angeordnet ist.

#### Ausführungsform 17

Bei all den vorhergehenden Ausführungsformen ist das sich bewegende Element aus Magnetmaterial, das als Magnetfeldveränderungs-Induktionsvorrichtung dient, so ausgebildet, daß sie sich synchron mit der Drehwelle dreht. Jedoch kann das sich bewegende Element aus Magnetmaterial auch so ausgebildet sein, daß es sich entlang einer geraden Linie bewegt. Ein derartiges sich bewegendes Element kann beispielsweise bei der Detektion des Öffnungsumfangs eines EGR-Ventils in einem Verbrennungsmotor Anwendung finden.

#### Patentansprüche

1. Fühler, enthaltend:

eine Magnetfeld-Generiervorrichtung (4) zum Generieren eines Magnetfelds;  
eine Magnetfeldveränderungs-Induziervorrichtung (2) zum Verändern des durch die Magnetfeld-Generiervorrichtung generierten Magnetfelds, derart, daß die Magnetfeldveränderungs-Induziervorrichtung mit festgelegter Distanz von der Magnetfeld-Generiervorrichtung angeordnet ist; und  
eine magnetoresistive Großeinrichtung (10), deren Widerstand sich in Ansprechen auf die Veränderung des durch die Magnetfeldveränderungs-Induziervorrichtung erzeugte Magnetfelds verändert; derart  
daß eine wechselseitige Form oder Distanz der magnetoresistiven Großeinrichtung, der Magnetfeld-Generiervorrichtung und der Magnetfeldveränderungs-Induziervorrichtung mit einer festgelegten Beziehung festgelegt sind.

2. Fühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,



net, daß die Magnetfeldveränderungs-Induziervorrichtung aus einem sich bewegenden Element aus magnetischem Material aufgebaut ist, das mit mindestens einem vorstehenden und ausgesparten Abschnitt versehen ist, und daß die Magnetfeld-Generiervorrichtung aus einem Magneten (4) besteht. 5

3. Fühler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Größe ( $L_3$ ) der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtung auf einem Wert festgelegt ist, der kleiner als derjenige des kleinsten Werts ( $L_1, L_2$ ) der Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial ist. 10

4. Fühler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Größe ( $L_4$ ) des Magneten auf einem Wert festgelegt ist, der fünfmal kleiner als der kleinste Wert der Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial ist. 15

5. Fühler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Distanz ( $L_5$ ) zwischen der magnetoresistiven Großeinrichtung und dem Magneten auf einem Wert festgelegt ist, der fünfmal kleiner als die Größe der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtung ist. 20

6. Fühler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Fühler ferner eine Brückenschaltung (11) enthält, derart, daß zumindest ein Zweig der Brückenschaltung mit der magnetoresistiven Großeinrichtung aufgebaut ist; sowie eine Signalverarbeitungsvorrichtung (12–14) zum Verarbeiten des von der Brückenschaltung aus gegebenen Signals derart, daß Flanken der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial detektiert werden. 25

7. Fühler nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Fühler ferner eine Brückenschaltung enthält, derart, daß zumindest ein Zweig der Brückenschaltung mit der magnetoresistiven Großeinrichtung aufgebaut ist; sowie eine Signalverarbeitungsvorrichtung zum Verarbeiten des von der Brückenschaltung ausgegebenen Signals, und daß die Brückenschaltung zum Detektieren der Flanken der vorstehenden ausgesparten Abschnitte des sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial angepaßt ist. 30

8. Fühler nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Fühler ferner eine Brückenschaltung enthält, derart, daß zumindest ein Zweig der Brückenschaltung mit der magnetoresistiven Großeinrichtung aufgebaut ist; sowie eine Signalverarbeitungsvorrichtung zum Verarbeiten des von der Brückenschaltung ausgegebenen Signals, und daß die Brückenschaltung zum Detektieren der Flanken der vorstehenden ausgesparten Abschnitte des sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial angepaßt ist. 35

9. Fühler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Fühler ferner eine Brückenschaltung enthält, derart, daß zumindest ein Zweig der Brückenschaltung mit der magnetoresistiven Großeinrichtung aufgebaut ist; sowie eine Signalverarbeitungsvorrichtung zum Verarbeiten des von der Brückenschaltung ausgegebenen Signals, und daß die Brückenschaltung zum Detektieren der Flanken der vorstehenden ausgesparten Abschnitte des sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial angepaßt ist. 40

10. Fühler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das sich bewegende Element aus Magnetmaterial ein Rotationselement (2) ist, das sich synchron mit einer Drehwelle dreht.

11. Fühler nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Fühler einen Hauptteil des Fühlers (50) enthält, der mit der magnetoresistiven Großeinrichtung ausgebildet ist, daß das Rotationselement auf einer Kurbelwelle oder einer Nockenwelle eines Verbrennungsmotors (60) montiert ist und daß der Hauptteil des Fühlers benachbart zu dem Verbrennungsmotor derart angeordnet ist, daß das Rotationselement der magnetoresistiven Großeinrichtung gegenüberliegt.

12. Fühler nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Hauptteil des Fühlers an einer Stelle entfernt von dem Rotationselement entlang einer Richtung der Drehachse der Drehwelle angeordnet ist.

13. Fühler nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Hauptteil des Fühlers ein Gehäuse (53) enthält, in dem die magnetoresistive Großeinrichtung angeordnet ist, und daß das Rotationselement in einem Raum (70b) an einer Seite des Gehäuses derart angeordnet ist, daß zumindest der Rand des Rotationselements der magnetoresistiven Großeinrichtung gegenüberliegt.

---

Hierzu 14 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG. 1

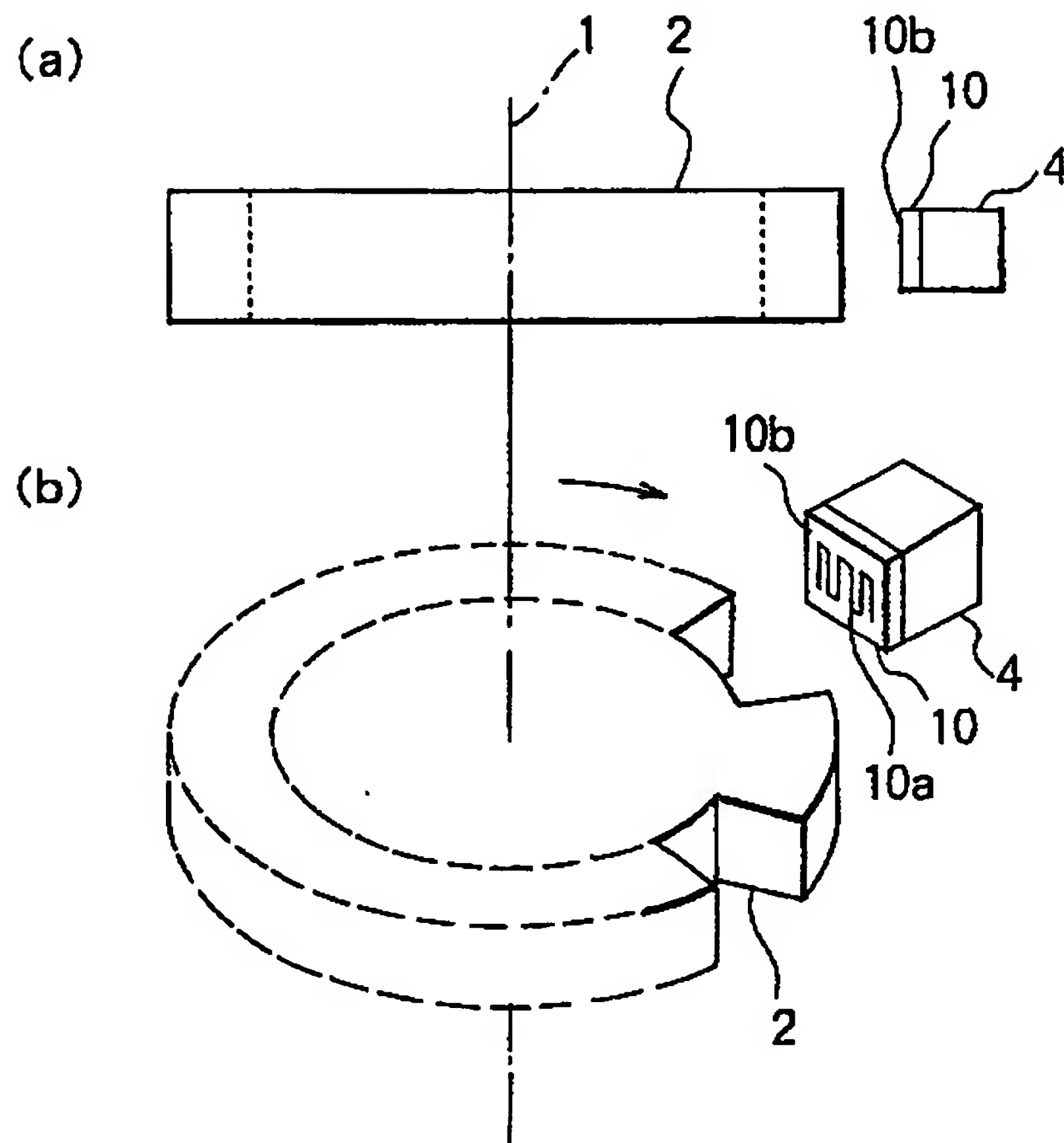




FIG. 2

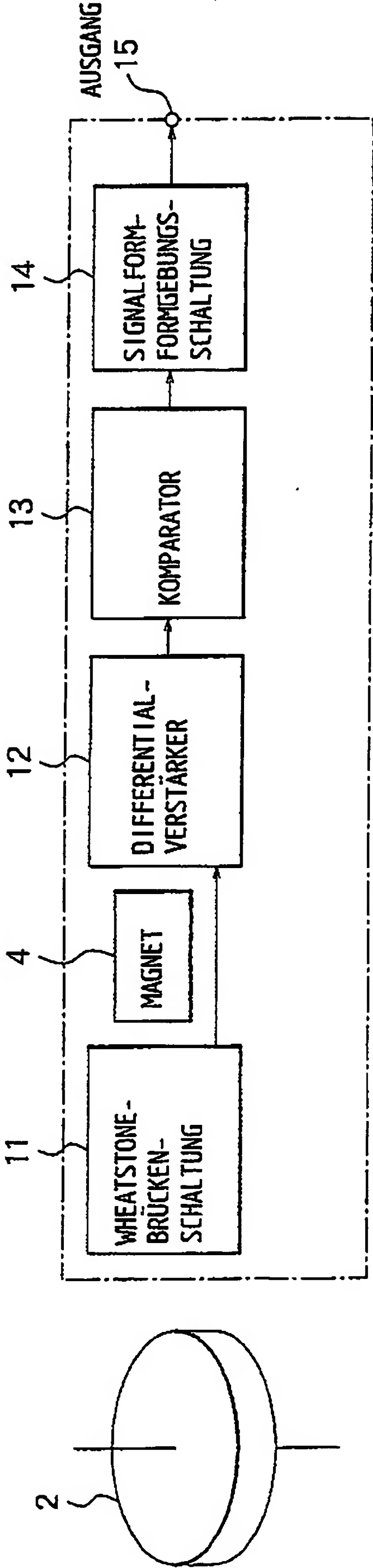


FIG. 3

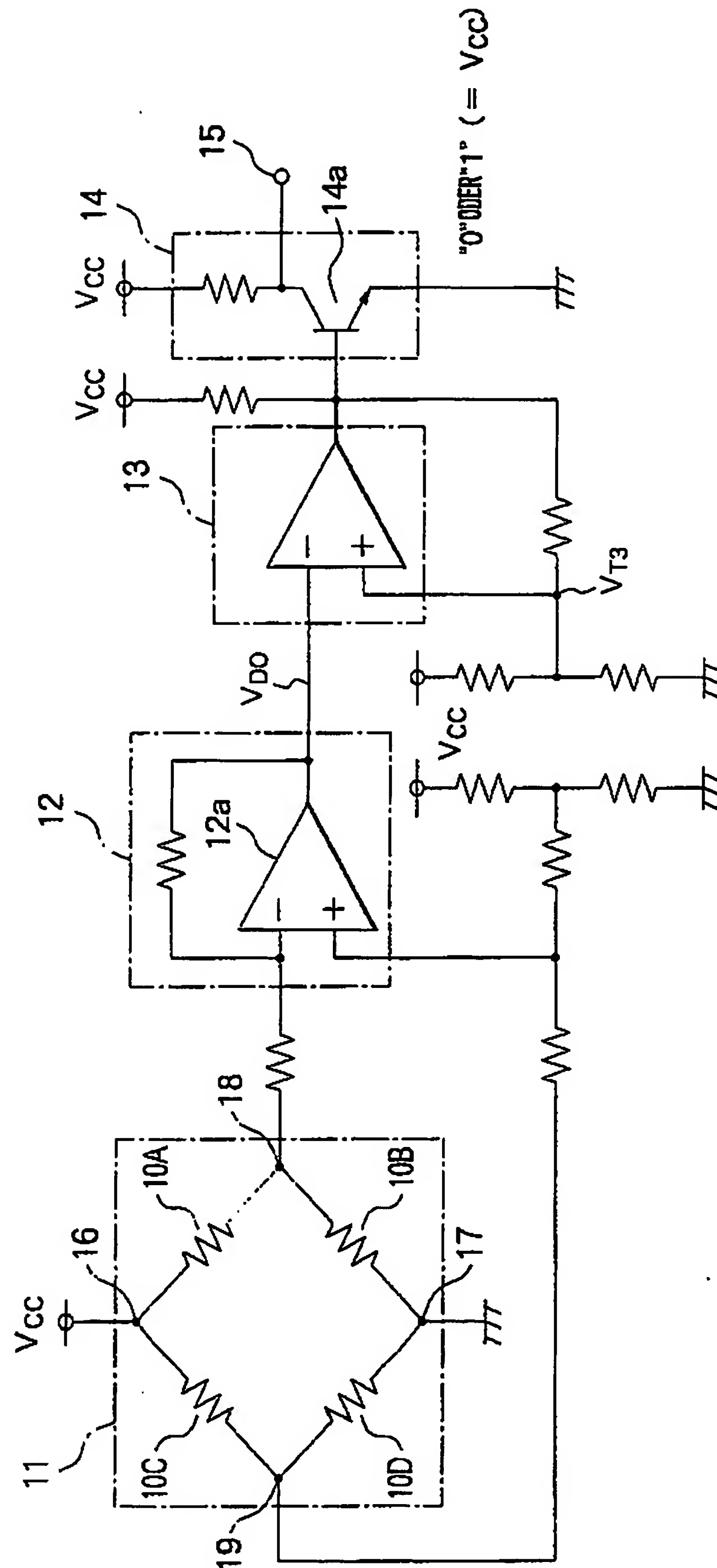




FIG. 4

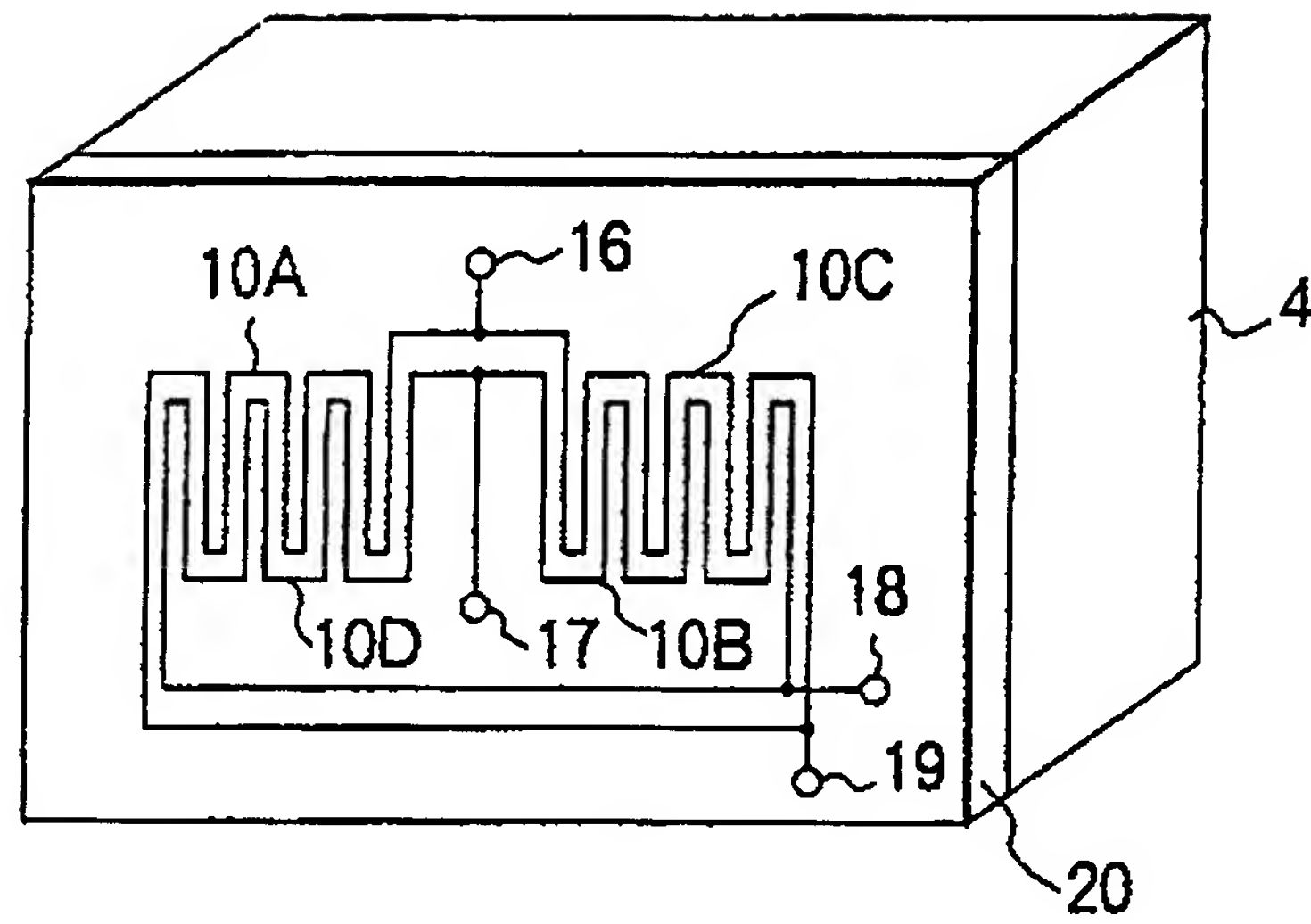


FIG. 5

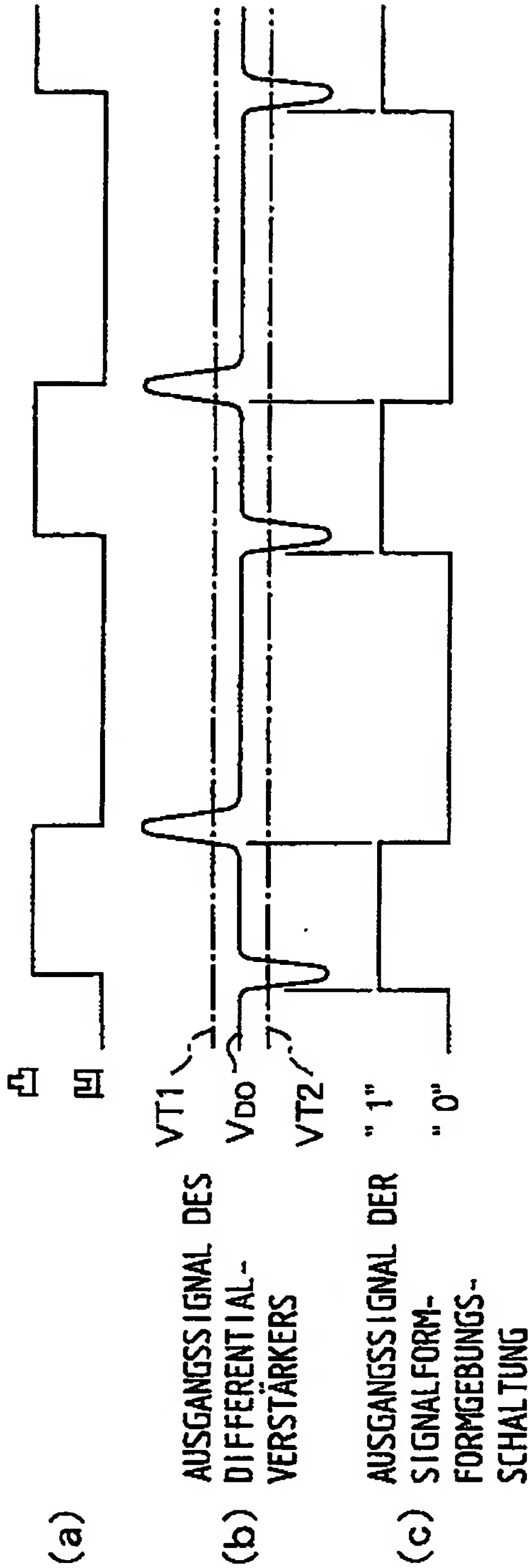




FIG. 6

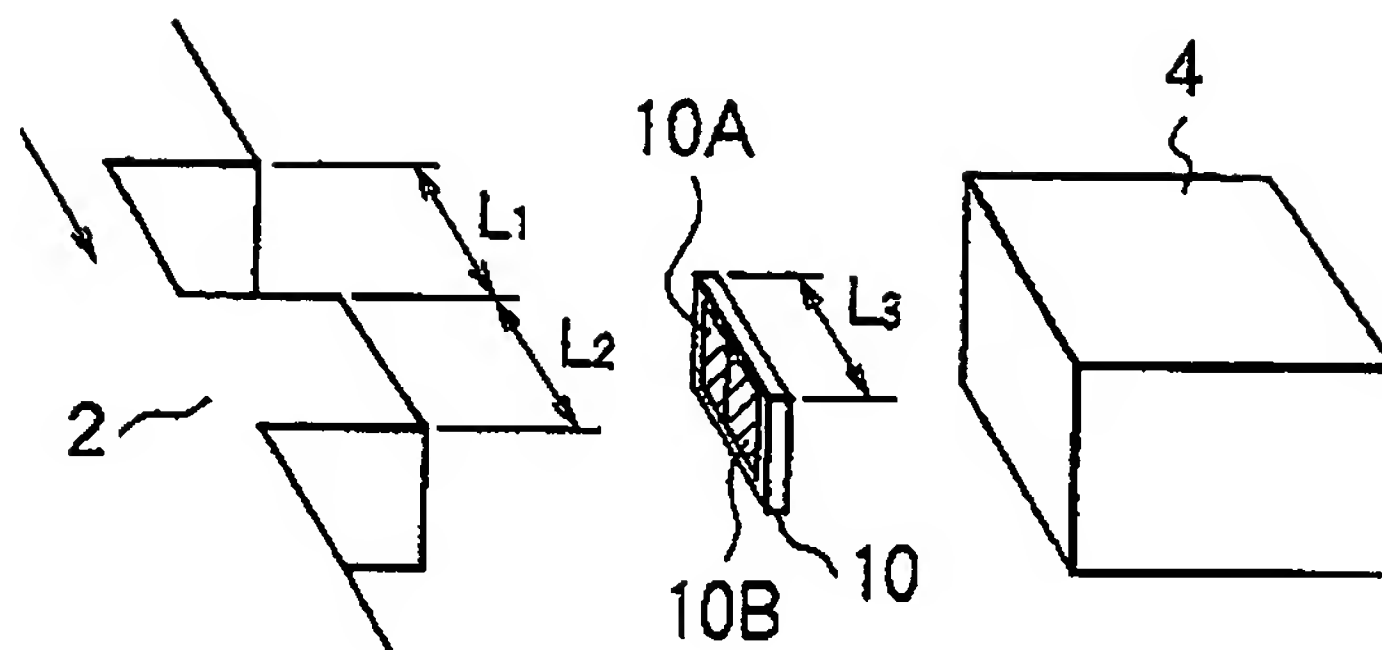
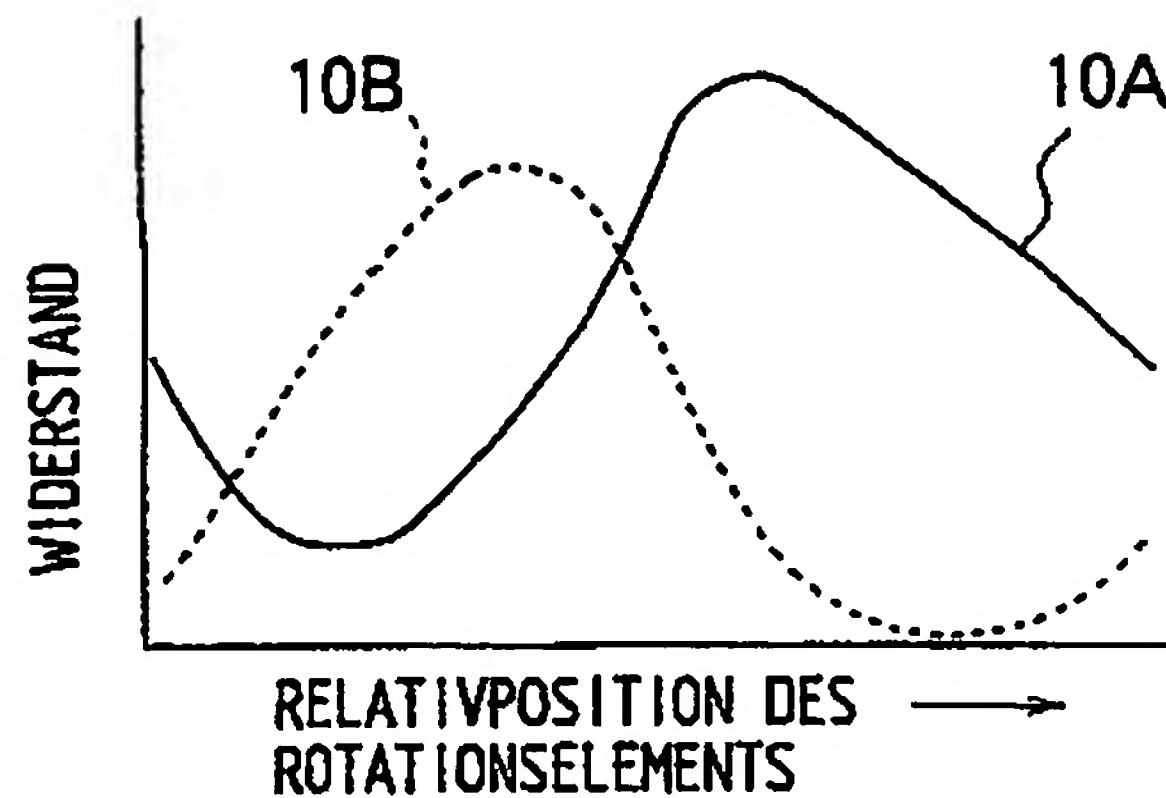
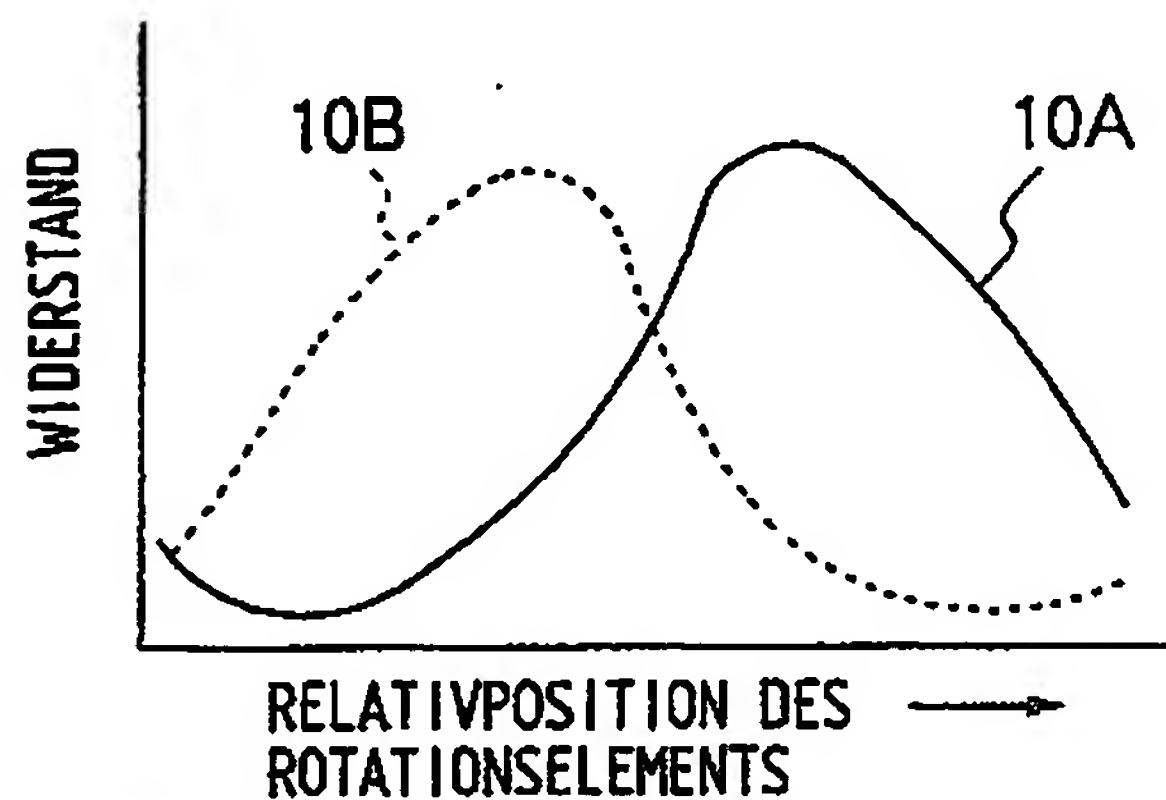


FIG. 7

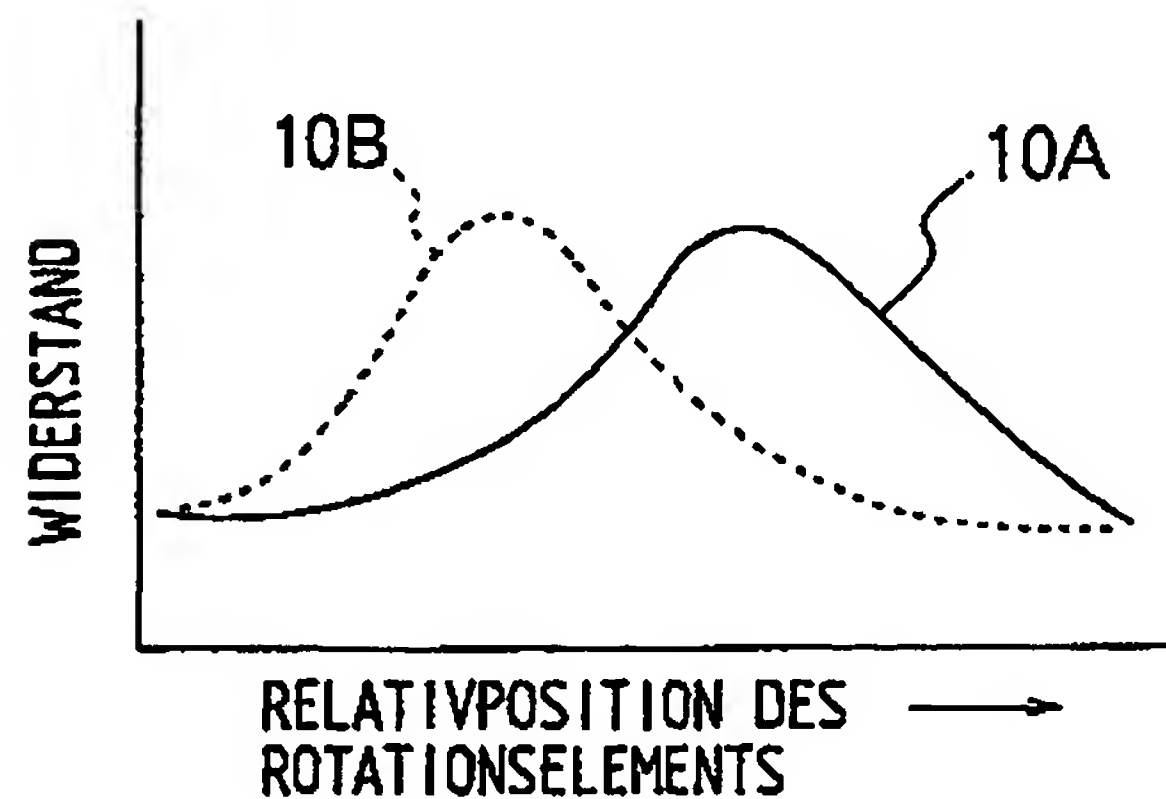
(a) 
$$\begin{cases} LB_3 = \frac{1}{2} L_1 \\ LB_3 = \frac{1}{2} L_2 \end{cases}$$



(b) 
$$\begin{cases} L_3 = \frac{2}{3} L_1 \\ L_3 = \frac{2}{3} L_2 \end{cases}$$



(c) 
$$\begin{cases} L_3 = L_1 \\ L_3 = L_2 \end{cases}$$



(d) 
$$\begin{cases} L_3 > L_1 \\ L_3 > L_2 \end{cases}$$

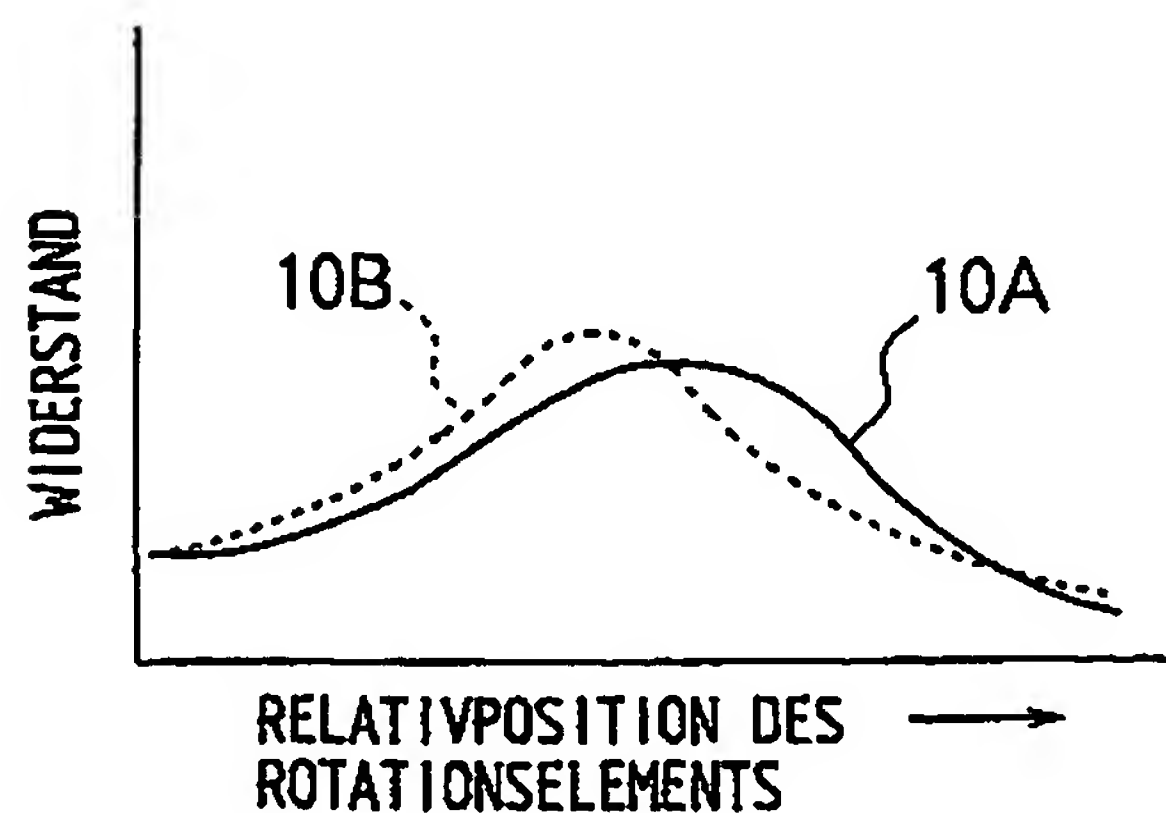




FIG. 8

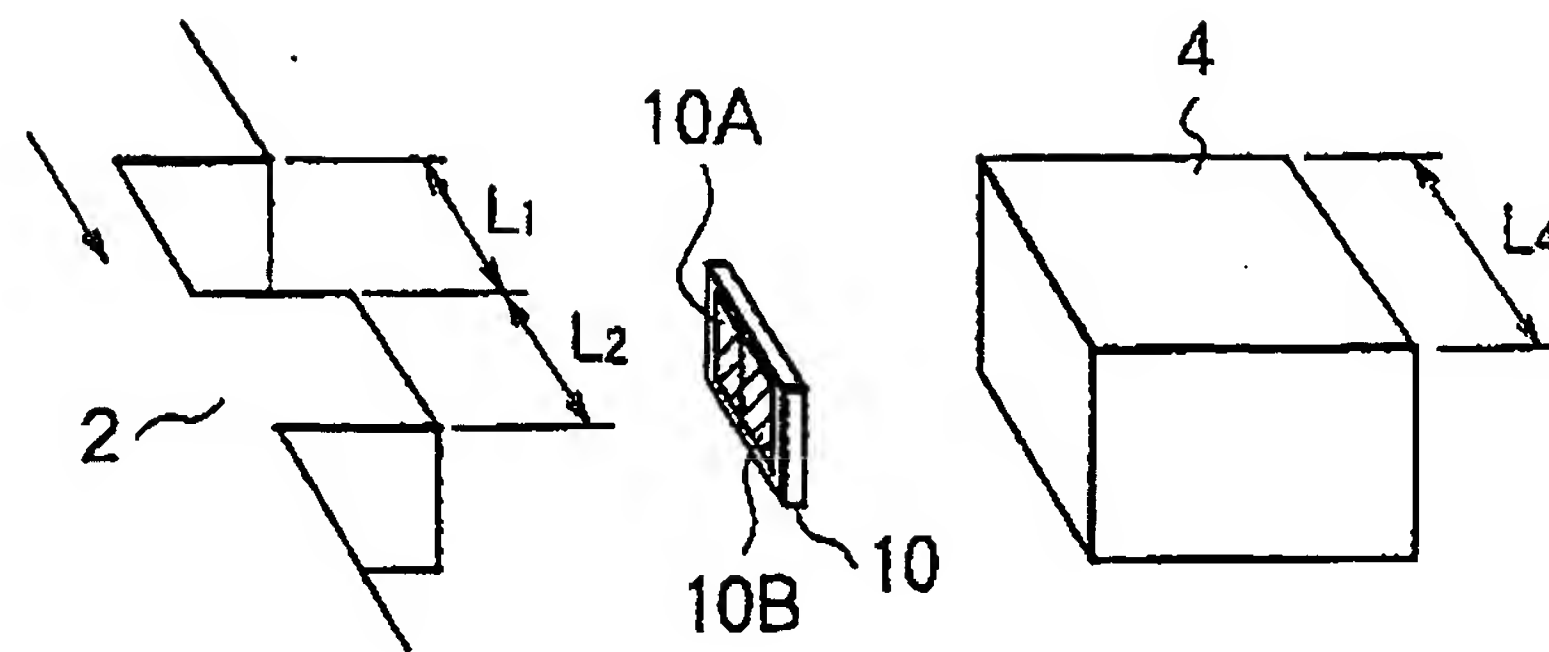
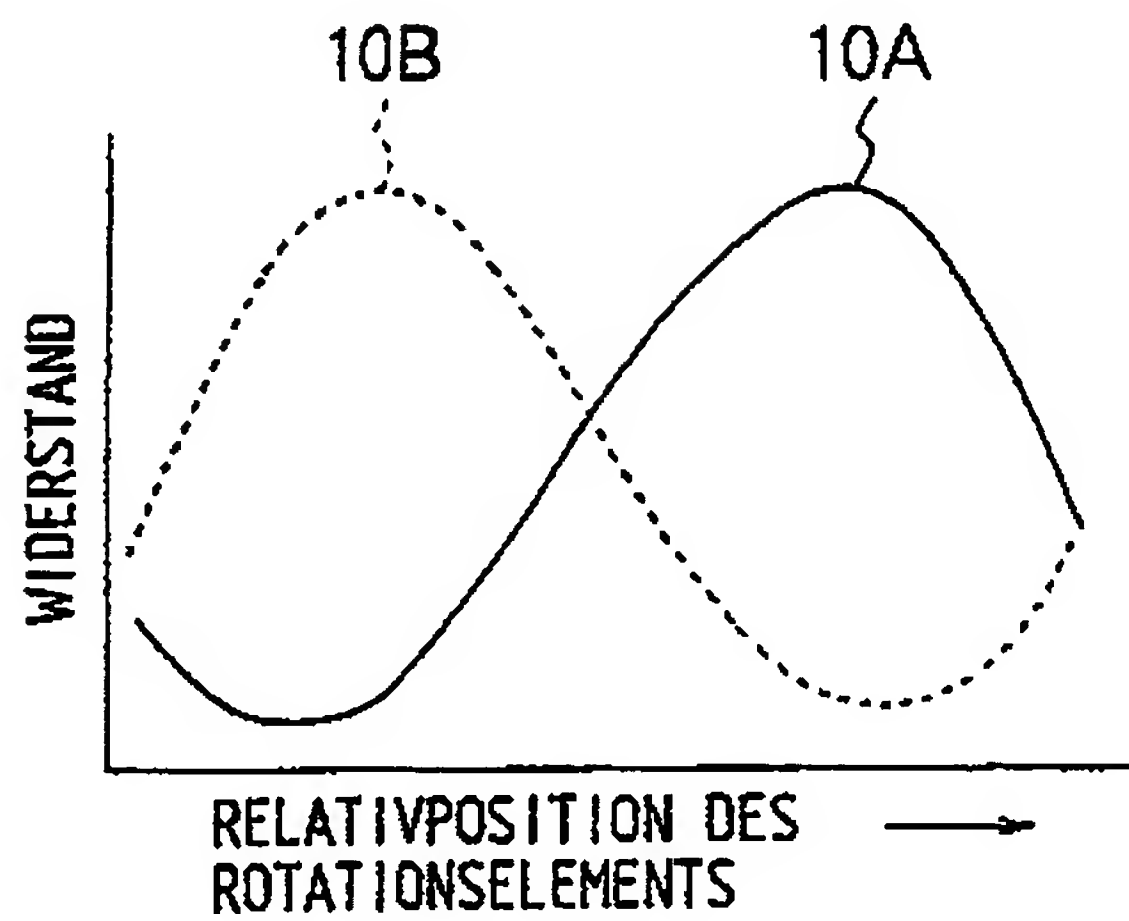


FIG. 9

(a) OPTIMALER WERT  
 $L_4 \leq 5L_1$   
 UND  
 $L_4 \leq 5L_2$



(b)  $L_4 > 5L_1$   
 ODER  
 $L_4 > 5L_2$

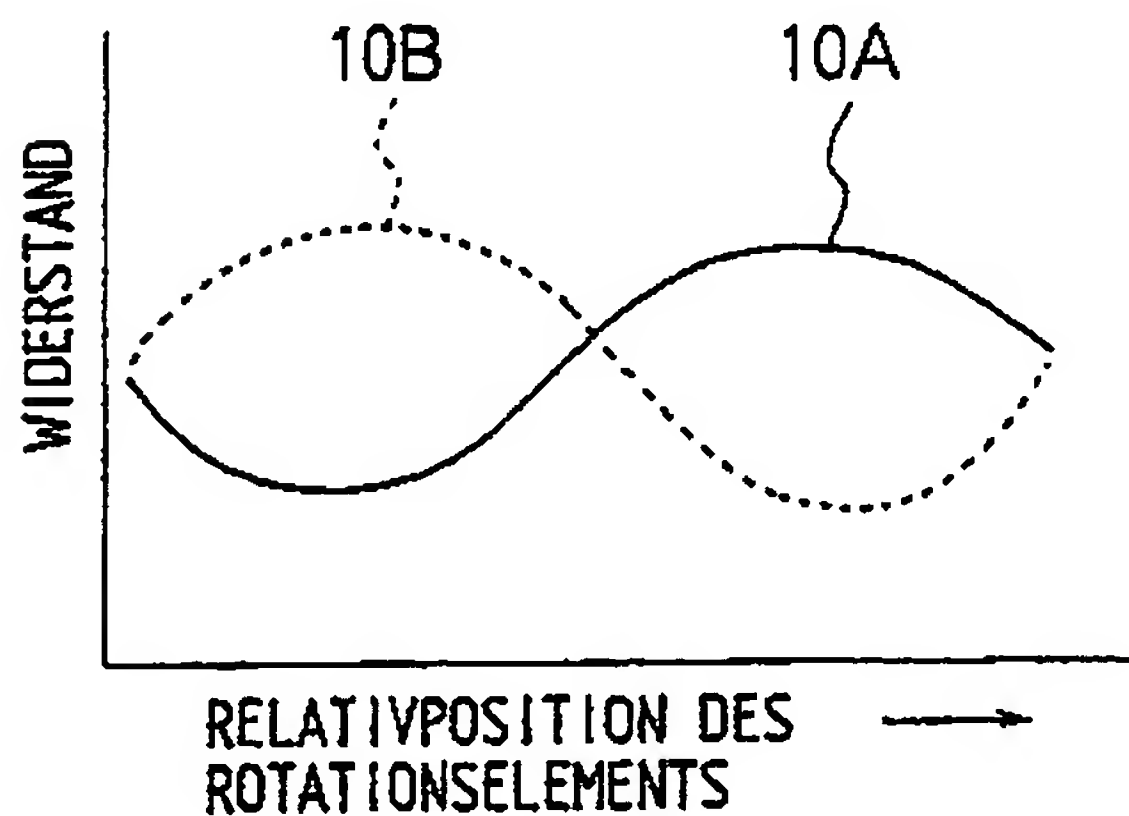


FIG. 10

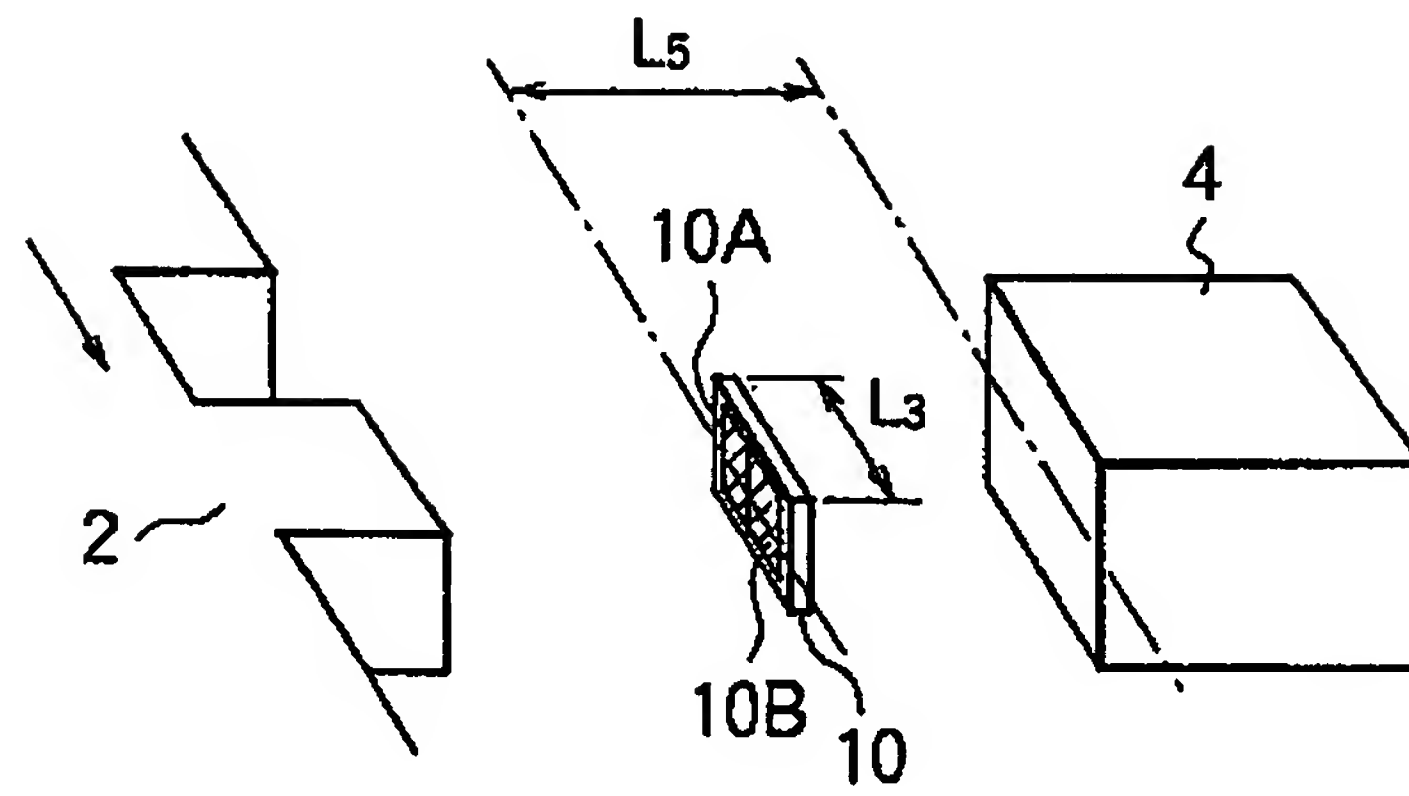
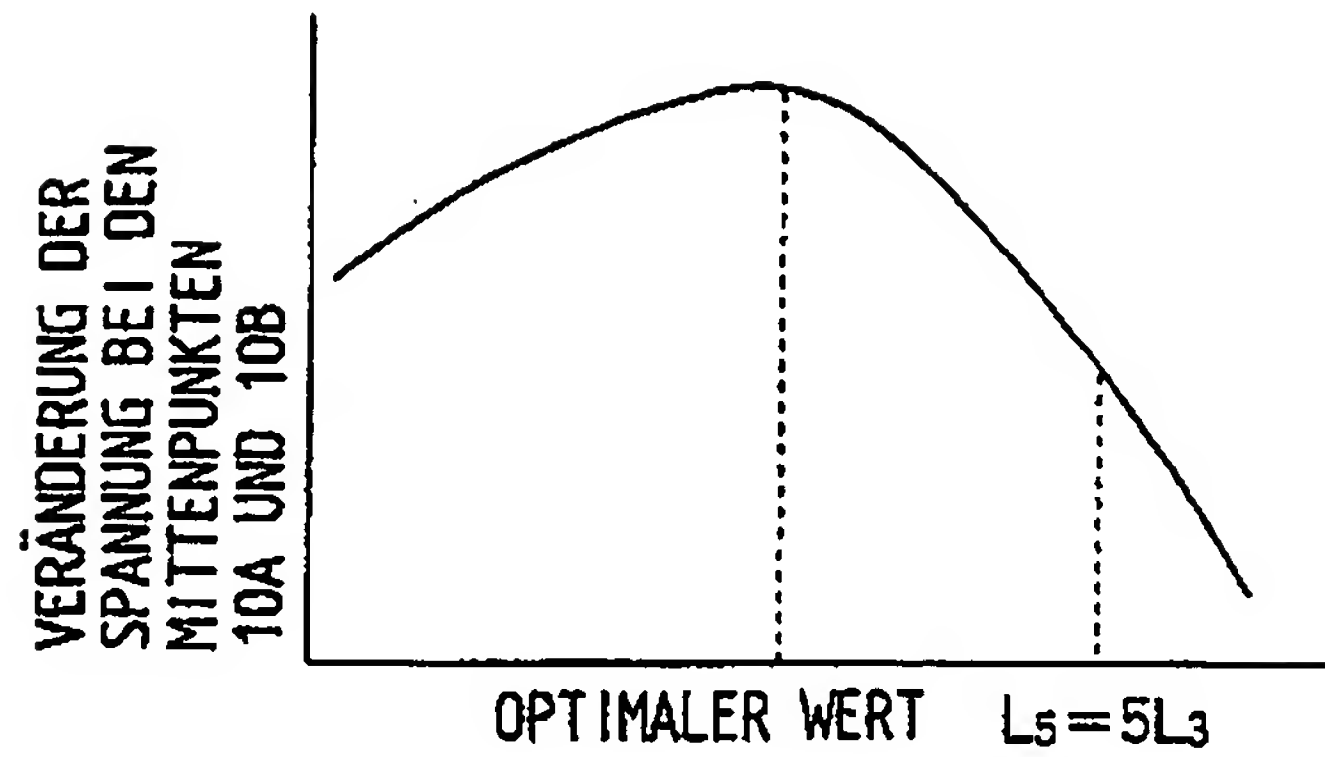
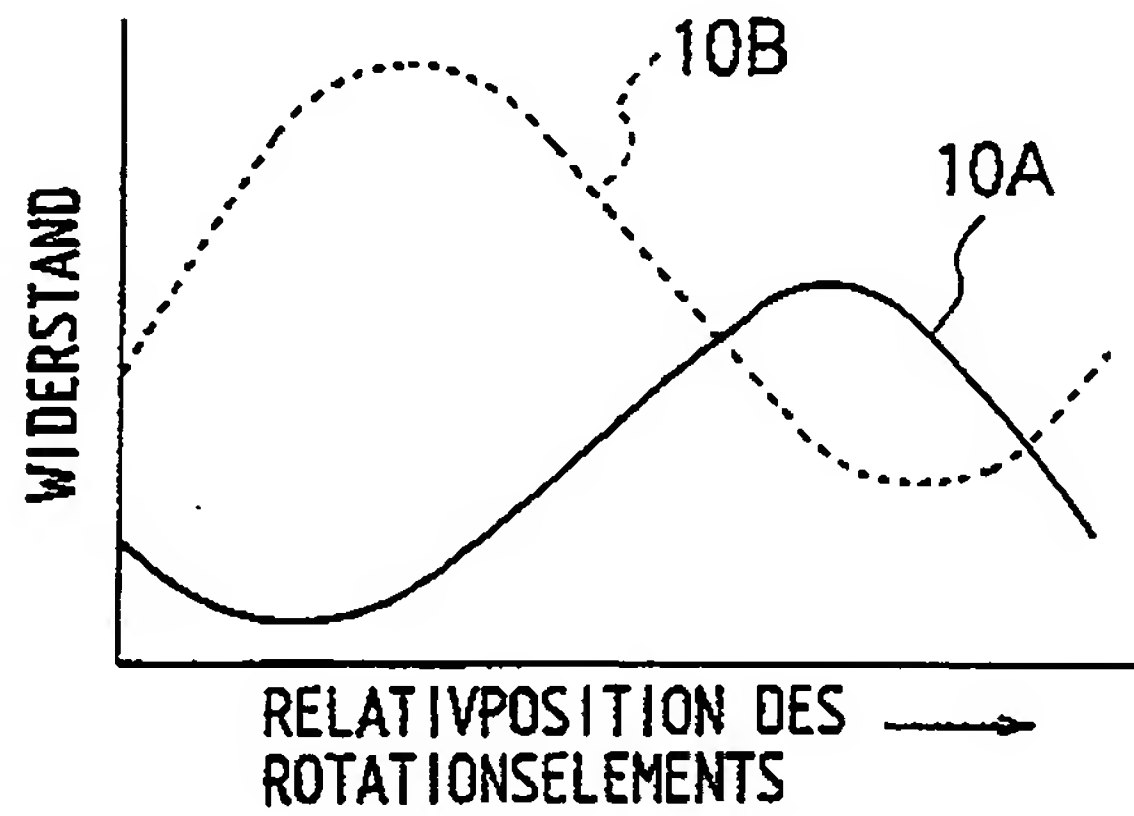


FIG. 11

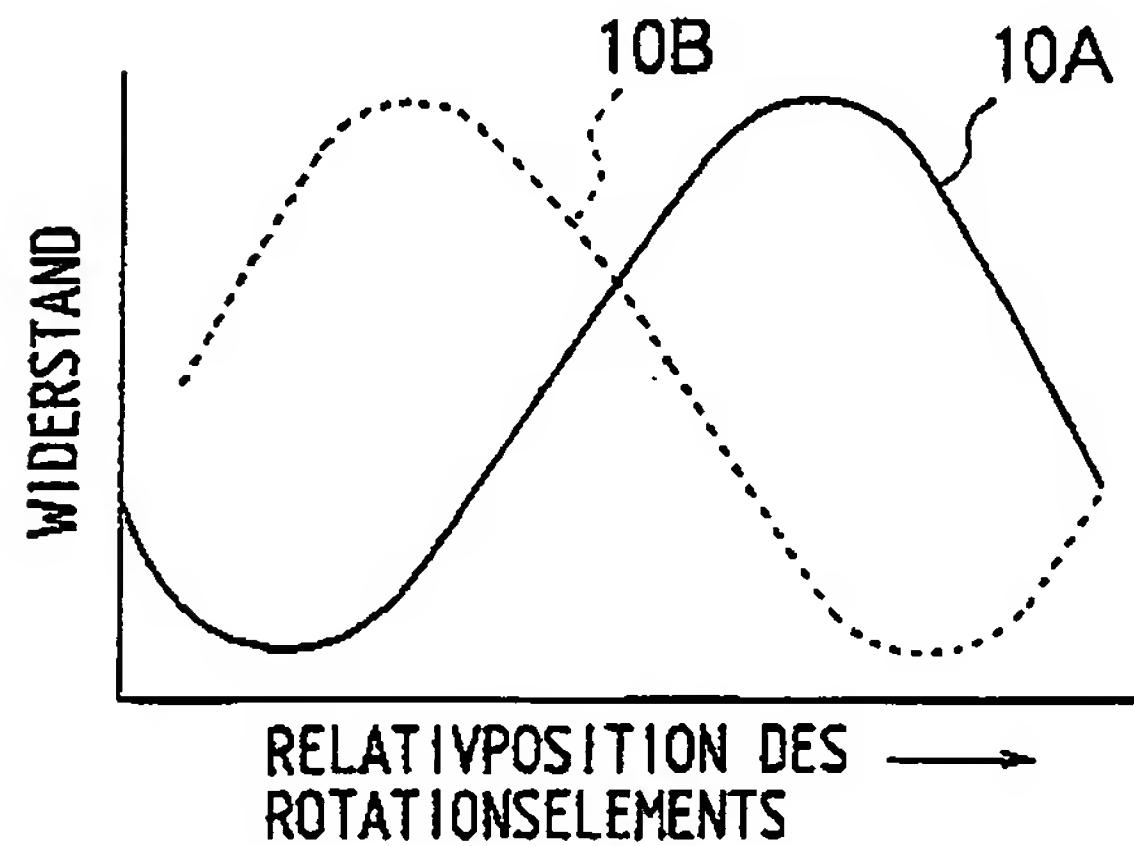
(a)



(b)  $L_5 = L_3$



(c) OPTIMALER WERT  
 $L_5 = 2L_3$



(d)  $L_5 = 3L_3$

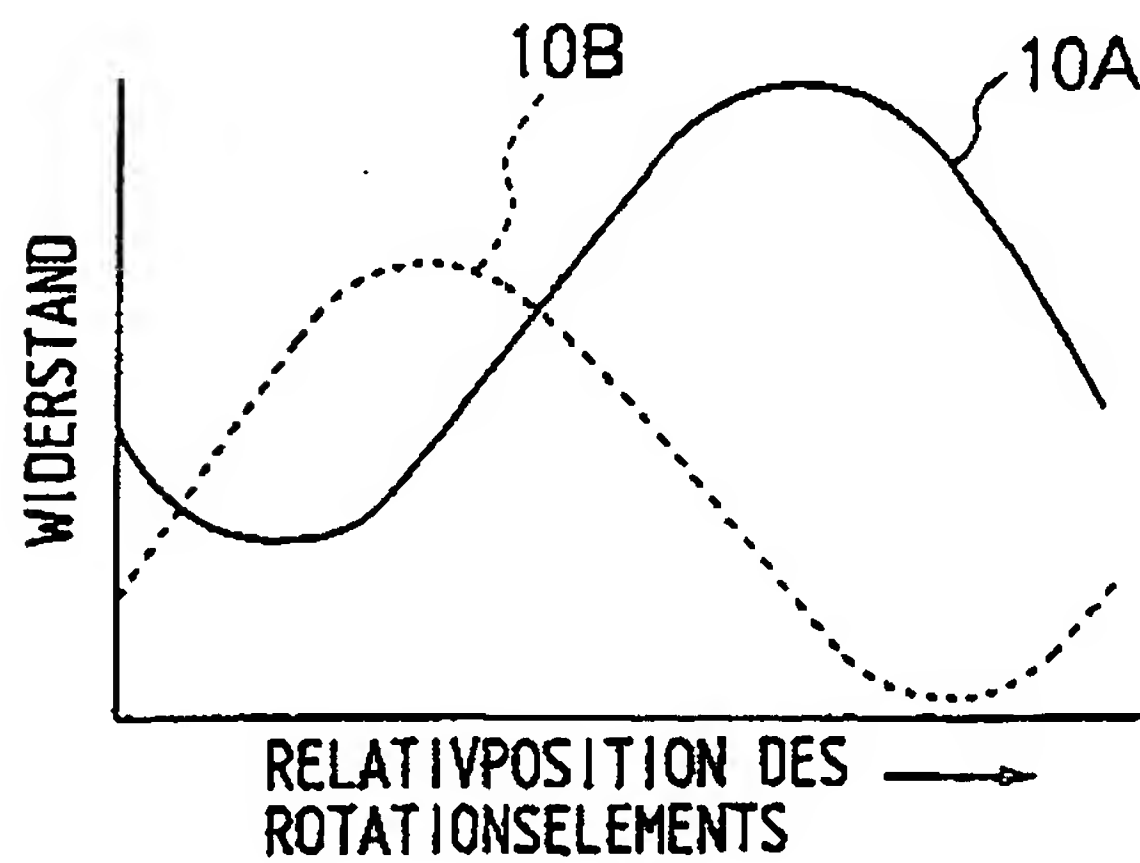




FIG. 12

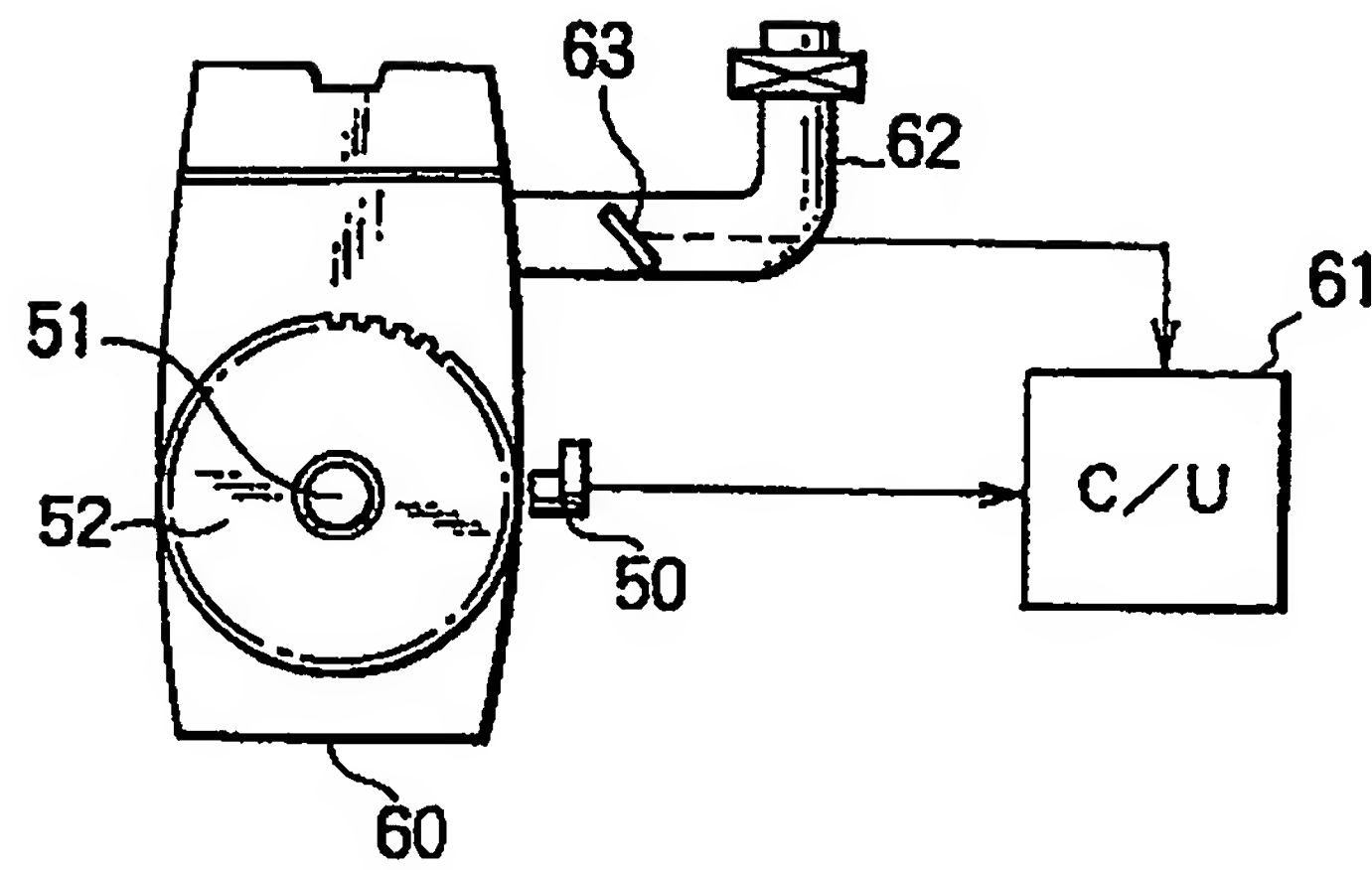


FIG. 13

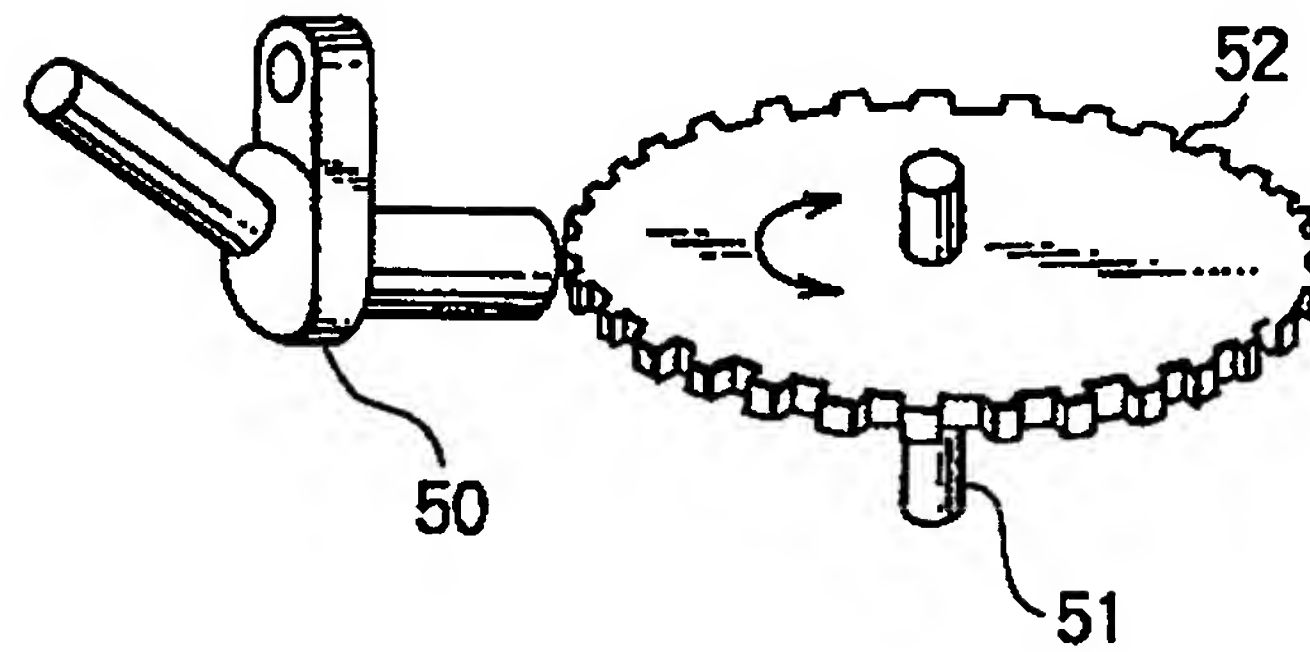


FIG. 14

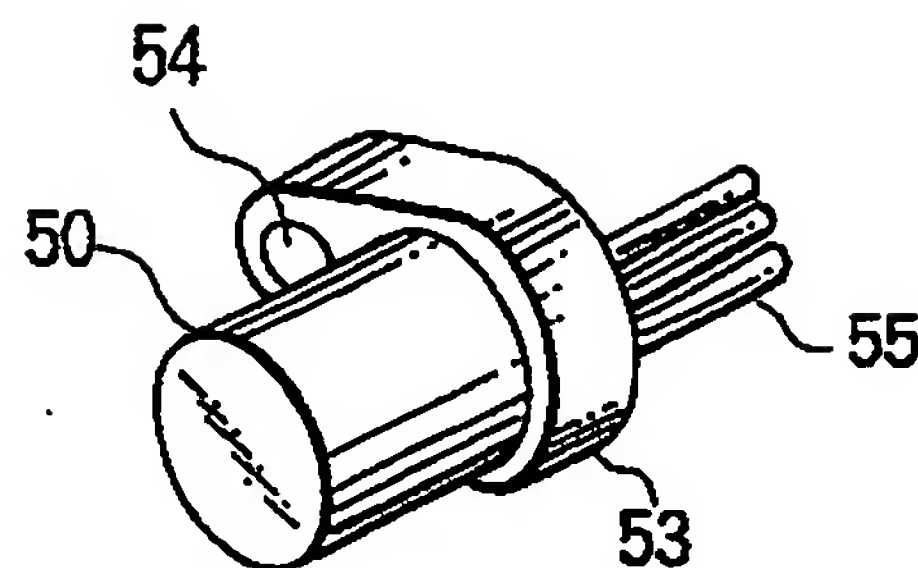


FIG. 15

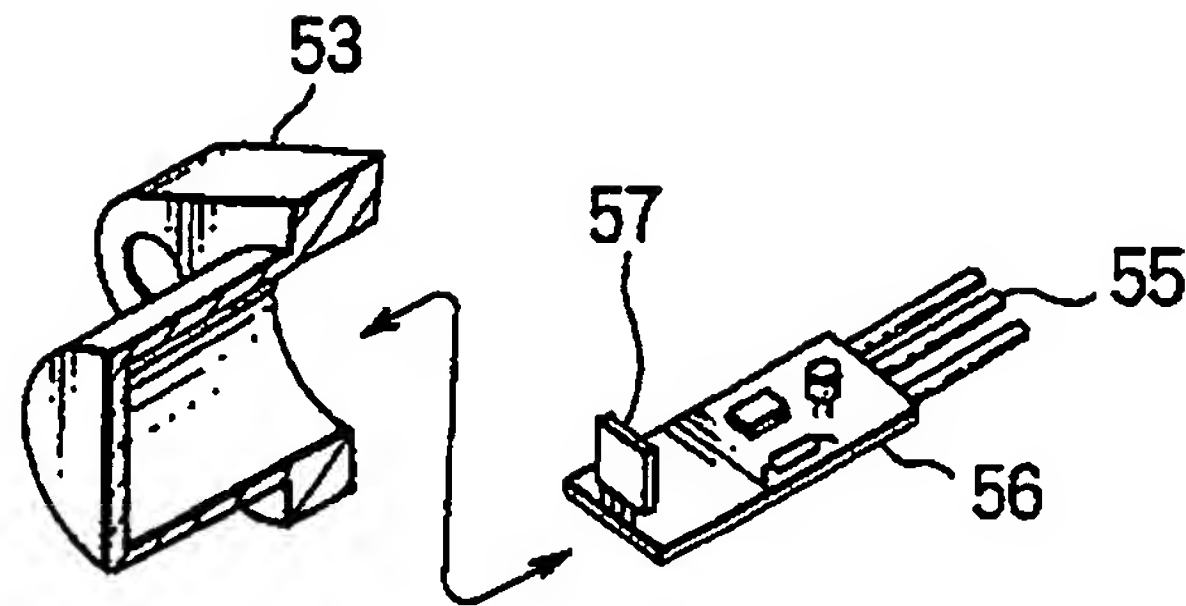


FIG. 16

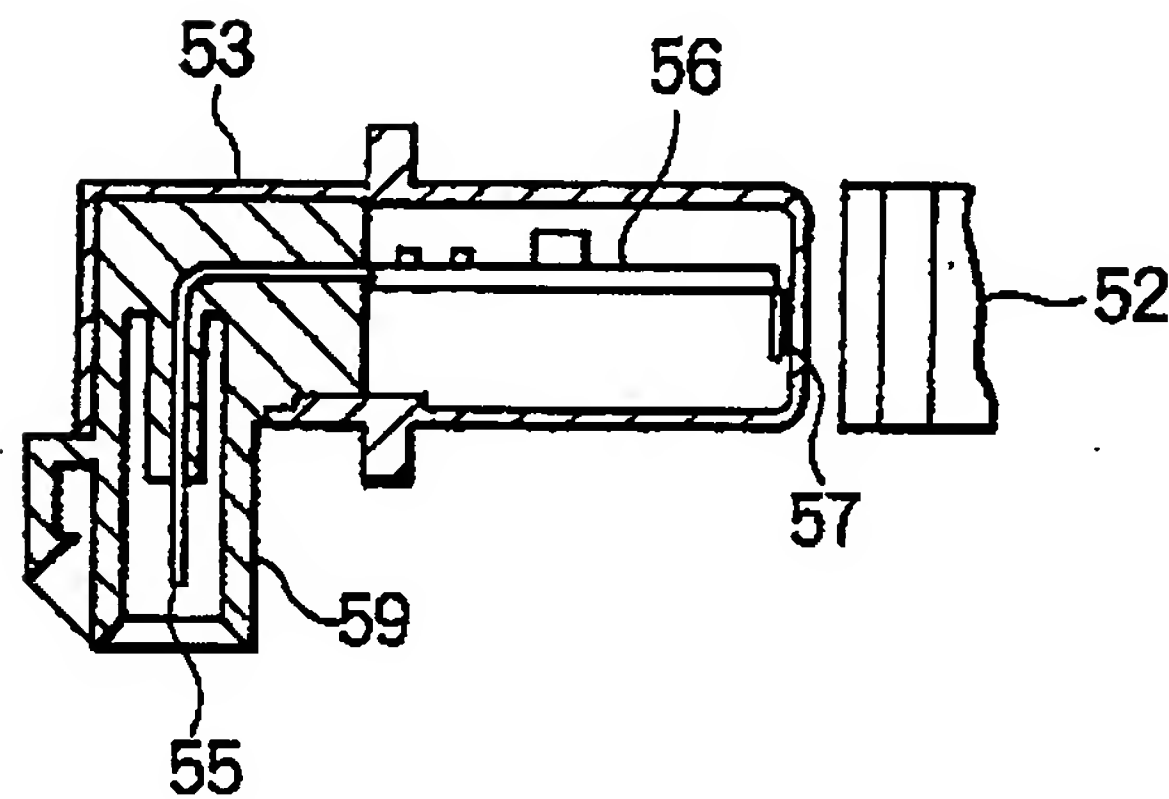
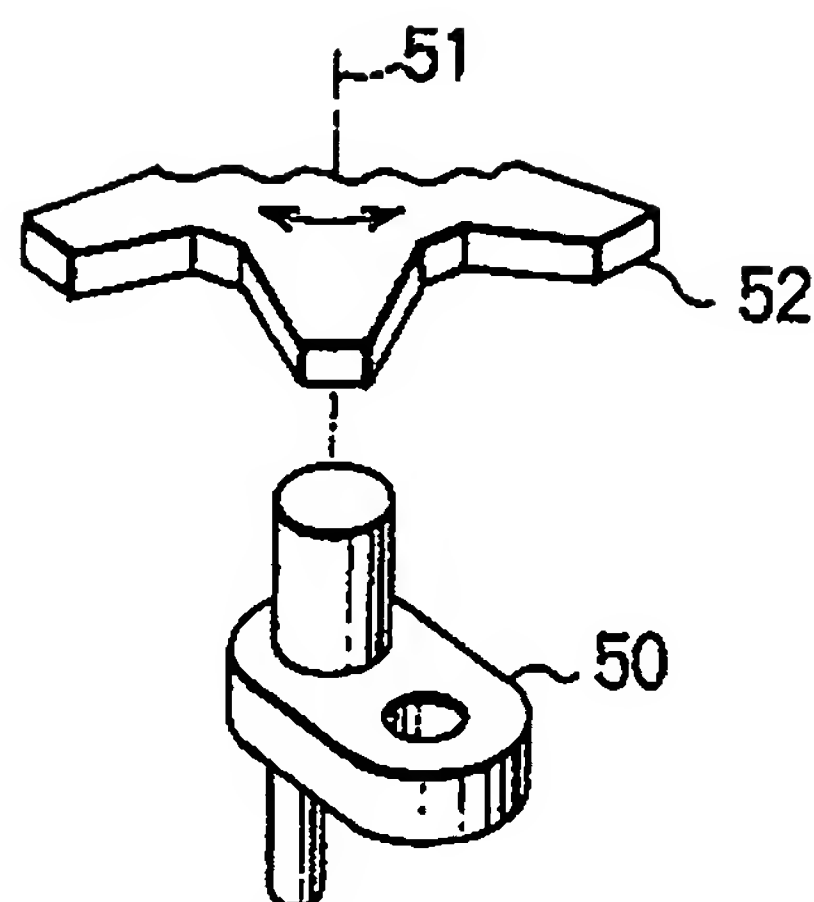


FIG. 17

(a)



(b)

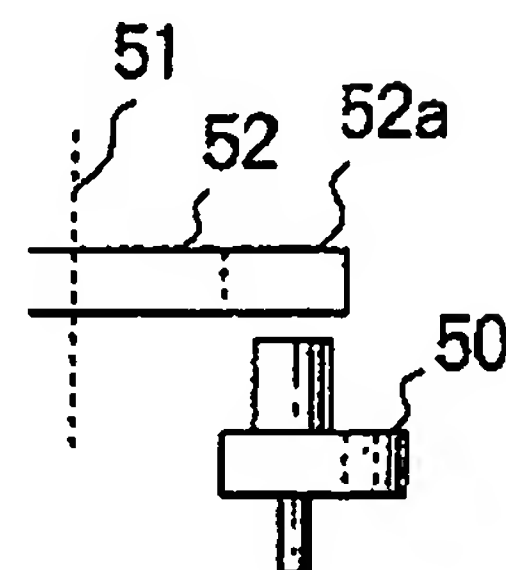


FIG. 18

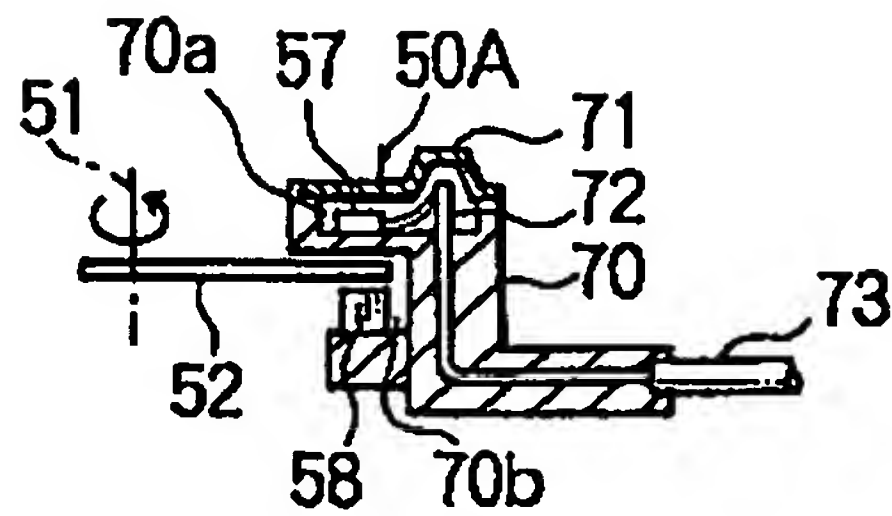


FIG. 19

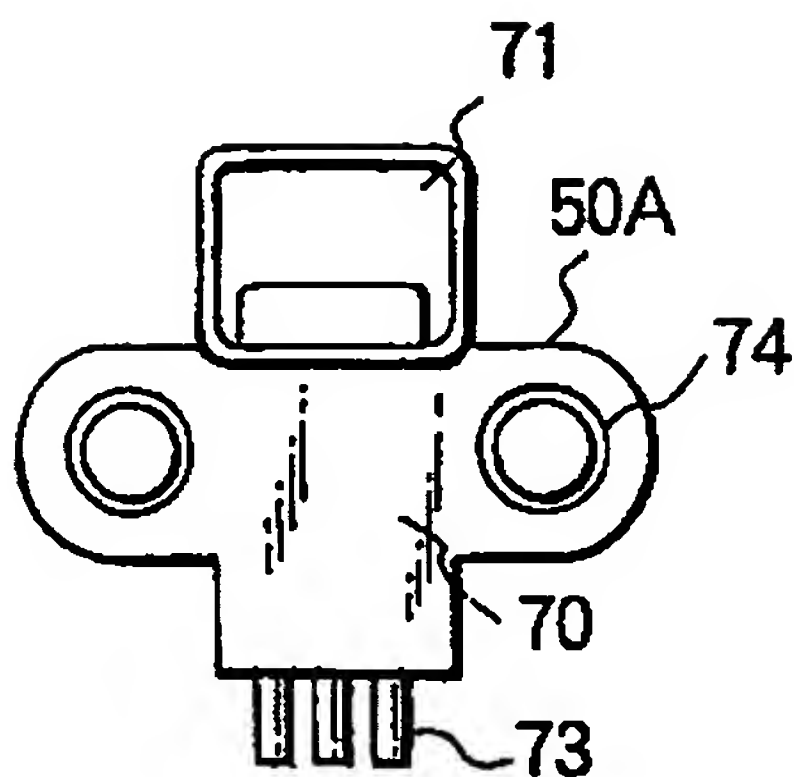


FIG. 20

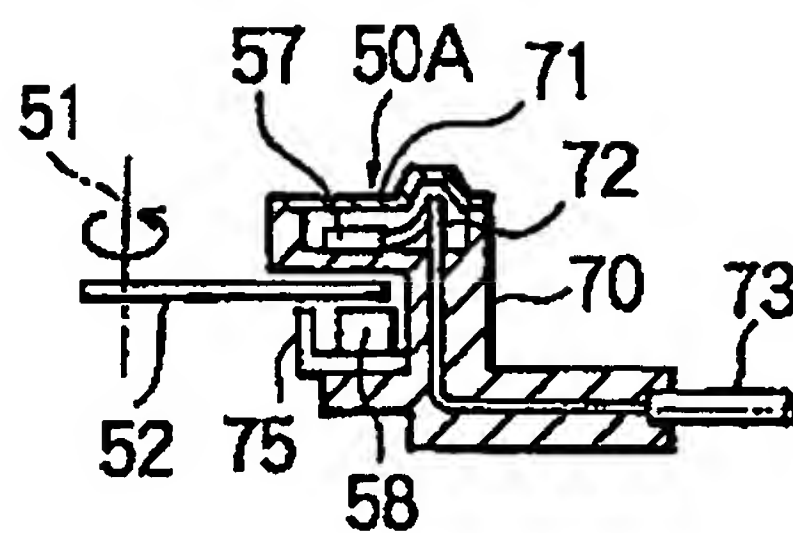




FIG. 21

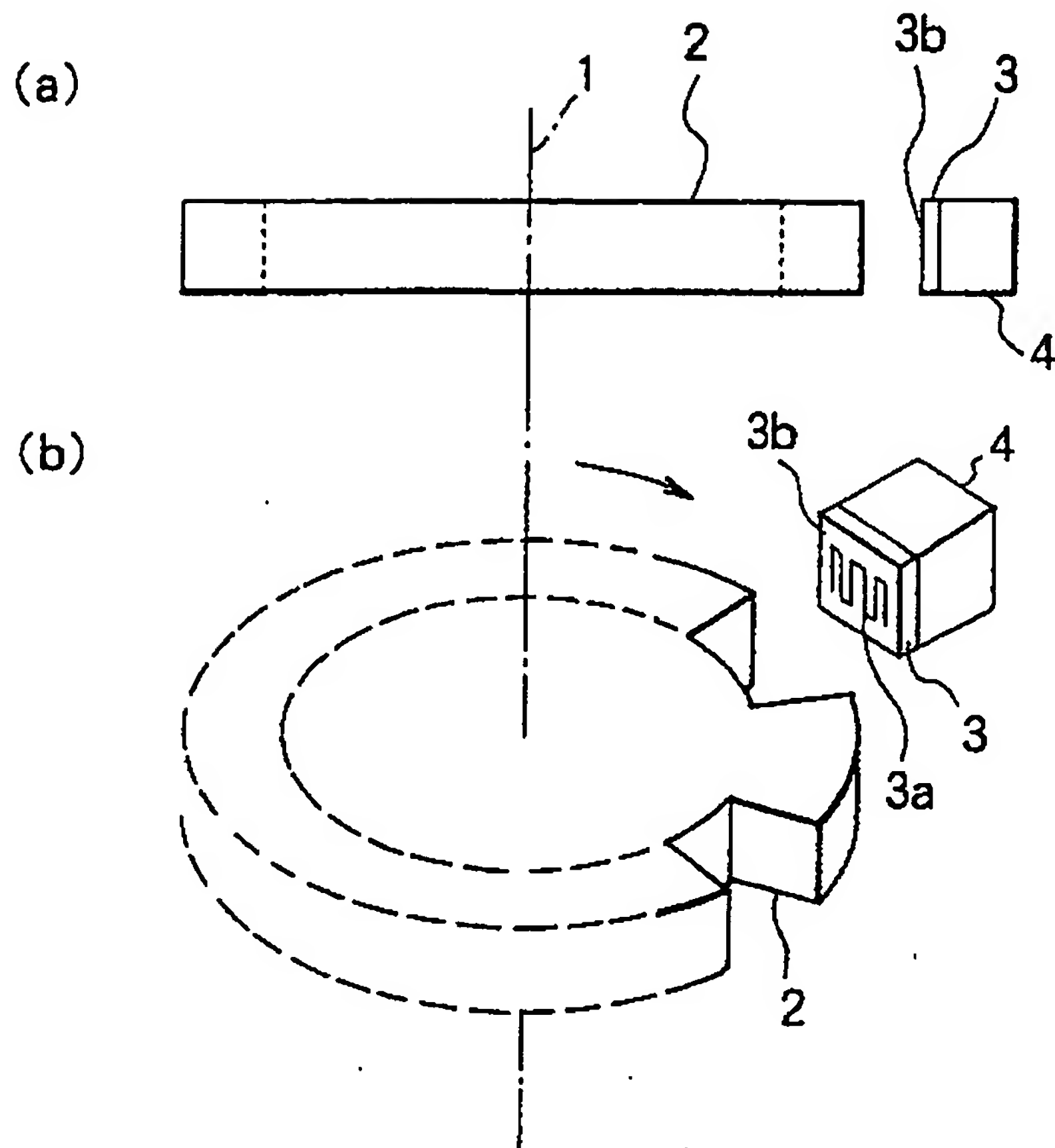
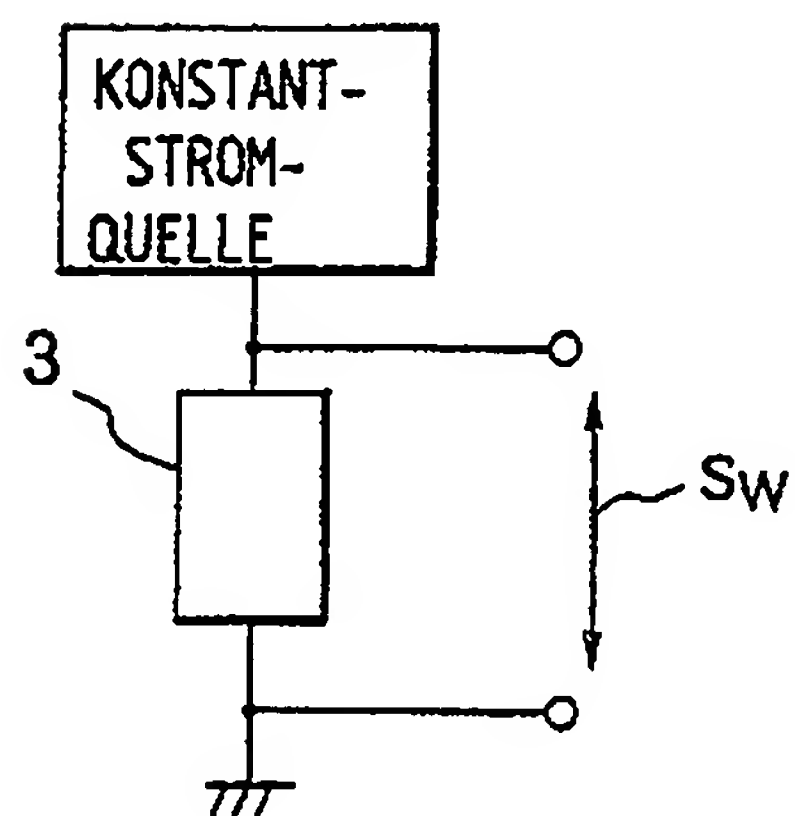


FIG. 22





(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 196 47 420 B4** 2005.07.07

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 196 47 420.5  
(22) Anmeldetag: 15.11.1996  
(43) Offenlegungstag: 11.12.1997  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 07.07.2005

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **G01R 33/09**  
G01B 7/30, G01D 5/165

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:  
8-147555 10.06.1996 JP

(71) Patentinhaber:  
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:  
HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(72) Erfinder:  
Umemoto, Hideki, Tokio/Tokyo, JP; Hiraoka,  
Naoki, Tokio/Tokyo, JP; Fukui, Wataru,  
Tokio/Tokyo, JP; Ohashi, Yutaka, Tokio/Tokyo, JP;  
Yokotani, Masahiro, Tokio/Tokyo, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 44 35 678 A1  
DE 44 27 495 A1  
DE 40 14 885 A1  
DE 39 40 345 A1  
DE 34 26 784 A1  
EP 04 84 859 A2  
EP 03 19 737 A1  
WO 92/12 438 A1  
"Magnetoresistiver Effekt von  
Mehrfachschichten".  
In: Journal of Magnetism Society of Japan, Bd. 15,  
Nr.5, 1991, S. 813-821;

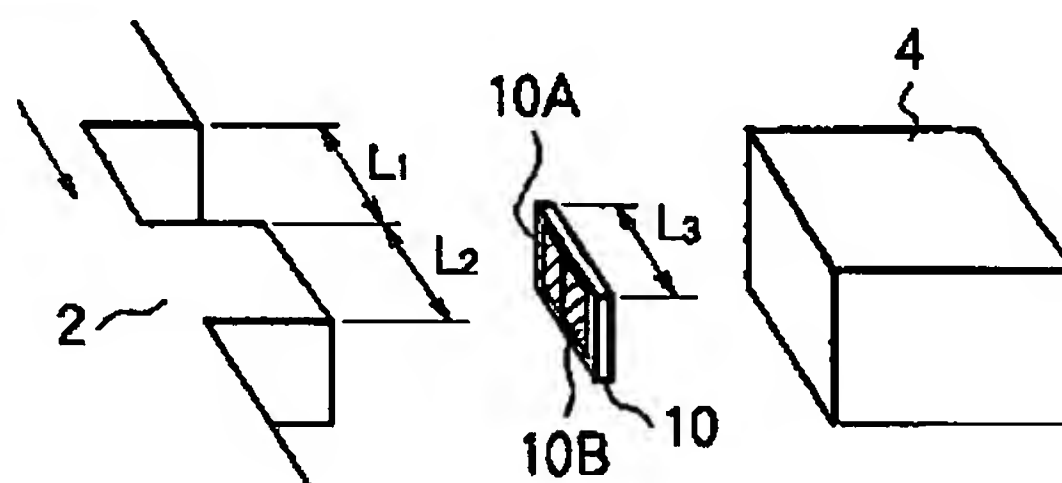
(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Erfassen eines Magnetfelds**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Erfassung eines Magnetfeldes, umfassend

- eine Magnetfeld-Generiereinrichtung (4; 58) zum Generieren eines Magnetfeldes;
- eine relativ zur Magnetfeld-Generiereinrichtung (4; 58) verstellbare Induktionseinrichtung (2; 52) zur Änderung des durch die Magnetfeld-Generiereinrichtung erzeugten Magnetfeldes, wobei die Induktionseinrichtung (2; 52) einen ersten Bereich mit einer sich in Richtung einer Relativverstellung der Induktionseinrichtung erstreckenden Abmessung  $L_1$  und einen zweiten Bereich mit einer sich in der Richtung dieser Relativverstellung erstreckenden Abmessung  $L_2$  aufweist und die ersten und zweiten Bereiche einen gegenseitigen Abstand voneinander aufweisen; und
- eine magnetoresistive Einrichtung (10; 57), welche eine Abtastfläche bildet, die im Magnetfeld derart angeordnet ist, dass der Widerstand der magnetoresistiven Einrichtung (10; 57) sich in Abhängigkeit von einer Änderung des Magnetfeldes ändert;

dadurch gekennzeichnet, dass

- eine weitere, sich in Richtung der Relativverstellung der Induktionseinrichtung (2; 52) erstreckende Abmessung  $L_3$  der Abtastfläche der magnetoresistiven Einrichtung (10; 57) gleich oder kleiner ist als...



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erfassen eines Magnetfelds gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

**Stand der Technik**

**[0002]** Eine derartige Vorrichtung ist bekannt aus DE 34 26 784 A1. Insbesondere wird vorgeschlagen, zur Abgabe von elektrischen Signalen in Abhängigkeit von der Lage oder der Drehzahl eines ferromagnetischen Körpers ferromagnetische Messstreifen auf einem Substrat von einem stationären magnetischen Gleichfeld schräg zu durchsetzen, so dass eine große Feldkomponente senkrecht zu den Messstreifen und eine wesentlich kleinere Feldkomponente in der Ebene der Messstreifen unter einem Winkel von etwa 45° zur Stromrichtung in den Messstreifen verläuft.

**[0003]** In DE 44 27 495 A1 ist eine Sensoreinrichtung mit einem GMR-Sensorelement beschrieben, die vier paarweise zugeordnete diagonale Brückenelemente in zwei parallelgeschalteten Brückenzweigen einer Brückenschaltung enthält.

**[0004]** In DE 40 14 885 A1 ist ein Drehwinkelaufnehmer zur Erfassen des Drehwinkels einer drehbaren Welle beschrieben. Der Drehwinkelaufnehmer enthält ein Substrat und ein Aufnahmerelement mit einer Vielzahl von Blöcken magnetoresistiver Elemente, die auf einer ebenen Oberfläche des Substrats angeordnet sind.

**[0005]** In EP 0 319 737 A1 ist ein Magnetfelddetektor beschrieben, bei dem ein Magnetfeld einen als Magnetfeld-Sensor verwendeten magnetabhängigen Widerstand durchsetzt.

**[0006]** In EP 0 484 859 A2 ist ein System zum Erfassen von Änderungen eines Magnetfelds beschrieben, bei dem sämtliche Widerstände, sowohl Magnetowiderstände MR als auch feste Widerstände FR, gleichzeitig in einem gemeinsamen Herstellungsprozess, ausgehend von einem gemeinsamen magnetoresistiven Material, hergestellt werden.

**[0007]** In DE 44 35 678 A1 ist ein Magnetfeld-Sensor beschrieben, der ein Halleffekt-Element aufweist, dessen Sensorebene senkrecht zu einer zentralen Achse steht, die sich zwischen dem Nord- und dem Südpol eines Magneten erstreckt.

**[0008]** In WO 92/12438 A1 ist ein Magnetsensor beschrieben, bei dem ein Gradientenvorspann-Magnetfeld auf MR-Elemente angewandt wird, um die Genauigkeit einer Detektion zu erhöhen und magnetische Verzerrungen zu vermeiden.

**[0009]** In DE 39 40 345 A1 ist eine Schaltung für einen auf eine Veränderung magnetischer Feldlinien ansprechenden Magnetfeldsensor beschrieben, die lediglich zwei Anschlussleitungen aufweist. Es wird die an einem Spannungsteiler mit wenigstens einem magnetfeldabhängigen Widerstand abgreifbare Spannung zur Steuerung eines Längstransistors einer Steuerstrecke herangezogen.

**[0010]** Magnetoresistive Einrichtungen betreffen allgemein solche Einrichtungen, die ihren Widerstand in Ansprechen auf die Richtung eines Magnetfelds ändern, das an einem dünnen ferromagnetischen Film anliegt, und zwar im Hinblick auf die Richtung eines Stroms, der durch den dünnen ferromagnetischen Film fließt.

**[0011]** Magnetoresistive Einrichtungen weisen einen minimalen Widerstand dann auf, wenn ein Magnetfeld in einer Richtung rechtwinklig zu der Richtung des Stroms anliegt. Weist andererseits der Winkel zwischen der Stromrichtung und der Richtung des anliegenden Felds einen Wert von 0 auf, d.h. liegt ein Magnetfeld entlang derselben Richtung oder entgegengesetzt zu der Richtung eines Stroms an, so weist der Widerstand einen maximalen Wert auf. Diese Veränderung des Widerstands wird allgemein als magnetoresistiver Effekt bezeichnet, und die Größe der Veränderung des Widerstands wird als das magnetoresistive Veränderungsverhältnis bezeichnet. Ein typischer Wert des magnetoresistiven Veränderungsverhältnisses beträgt 2 bis 3% bei Ni-Fe und 5 bis 6% bei Ni-Co.

**[0012]** Die Fig. 21 zeigt einschematisches Diagramm zum Darstellen eines üblichen Fühlers und dessen Seitenansicht und perspektivische Ansicht sind jeweils in Fig. 21a und Fig. 21b gezeigt.

**[0013]** Der in Fig. 21 gezeigte Fühler enthält: eine Drehwelle 1; ein Rotationselement aus magnetischem Material 2 mit zumindest einem vorstehenden oder ausgesparten Abschnitt, derart, daß das Rotationselement aus Magnetmaterial 2 so ausgebildet ist, daß es sich synchron zu der Drehung der Drehwelle 1 dreht; eine magnetoresistive Einrichtung 3, die an einer Stelle mit festgelegtem Abstand bezogen auf das Rotationselement aus magnetischem Material 2 angeordnet ist; und einen Magneten 4 zum Anlegen eines Magnetfelds an der magnetoresistiven Einrichtung 3. Bei dem obigen Aufbau enthält die magnetoresistive Einrichtung 3 ein magnetoresistives Muster 3a und eine Dünnsfilmoberfläche (Magnetfeld-Abtastebene) 3b.

**[0014]** Dreht sich das Rotationselement aus Magnetmaterial 2, so verändert sich das an der Magnetfeld-Abtastebene 3b der magnetoresistiven Einrichtung 3 anliegende Magnetfeld in Ansprechen auf die Drehung des Rotationselements aus Magnetmateri-



als 2, und im Ergebnis verändert sich der Widerstand des magnetoresistiven Musters 3a in entsprechender Weise.

**[0015]** Die Fig. 22 zeigt ein Schaltbild des üblichen Fühlers. Die mit einer Konstantstromquelle verbundene magnetoresistive Einrichtung 3 erzeugt ein Spannungssignal  $S_{vv}$ , das sich in Ansprechen auf das Vorbeiführen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus magnetischem Material 2 verändert.

**[0016]** Wie nachfolgend beschrieben, weist der übliche Fühler zahlreiche Nachteile auf.

**[0017]** Die in dem üblichen Fühler eingesetzte magnetoresistive Einrichtung weist allgemein eine Einschichtstruktur bestehend aus einem dünnen ferromagnetischen Film auf. Bei dieser Struktur variiert der Widerstand in Abhängigkeit von dem Winkel zwischen dem anliegenden Magnetfeld und dem Strom. In anderen Worten weist die Magnetfeld-Abtasteebene eine anisotrope Empfindlichkeit gegenüber dem Magnetfeld auf.

**[0018]** Ferner weist der übliche Fühler die folgenden Nachteile auf: eine geringe Veränderung des Widerstands aufgrund des Einsatzes einer einzigen magnetoresistiven Einrichtung und demnach eine geringe Empfindlichkeit gegenüber der Veränderung eines Magnetfelds; hiermit verbundene geringe Ausgangsspannung; unzuverlässiger Betrieb aufgrund der Tendenz, einfach durch externes Rauschen gestört zu werden, das oft eine interne Signalkomponente überlagert, die die Bewegung der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial darstellt.

#### Aufgabenstellung

**[0019]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung eines Fühlers, der genau eine Veränderung eines Magnetfelds detektieren kann, ohne dass er einfach durch externes Rauschen gestört wird.

**[0020]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zur Erfassung eines Magnetfelds mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Besondere Ausführungsarten der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0021]** Somit lässt sich gemäß der vorliegenden Erfindung ein Magnetfeld genau ohne Einfluss durch externes Rauschen detektieren. Ein Ausgangssignal wird präzise gemäß einer vordefinierten Stelle (eines vordefinierten Winkels) eines sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial erzeugt.

**[0022]** Mit dem erfindungsgemäßen Aufbau wird es

möglich, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung eines Magnetfelds kleiner vorstehender und ausgesparten Abschnitte durchzuführen, und somit ist es möglich, die Detektionsgenauigkeit zu verbessern.

**[0023]** Für eine Form der Erfindung ist kennzeichnend, dass die Magnetfeldveränderungs-Induziervorrichtung aus einem sich bewegenden Element aus magnetischem Material aufgebaut ist, das mit mindestens einem vorstehenden und ausgesparten Abschnitt versehen ist, und dass die Magnetfeld-Generiervorrichtung aus einem Magneten besteht. Gemäß diesem Aufbau wird es möglich, kleinere vorstehende und ausgesparte Abschnitte zu detektieren, und somit ist es möglich, einen Fühler mit geringen Abmessungen und geringen Kosten und verbesserter Detektionsgenauigkeit zu realisieren.

**[0024]** Zudem wird es möglich, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung eines Magnetfelds kleiner vorstehender und ausgesparten Abschnitte durchzuführen, und somit ist es möglich, die Detektionsgenauigkeit weiter zu verbessern.

**[0025]** Da eine Größe des Magneten auf einem Wert festgelegt ist, der fünfmal kleiner als der kleinste Wert der Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial ist, wird es möglich, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderungen eines Magnetfelds kleiner vorstehender und ausgesparten Abschnitte zu erreichen, und somit ist es möglich, die Detektionsgenauigkeit weiter zu verbessern.

**[0026]** Da eine Distanz zwischen der magnetoresistiven Großeinrichtung und dem Magneten auf einem Wert festgelegt ist, der fünfmal kleiner als die Größe der Magnetfeld-Abtasteebene der magnetoresistiven Großeinrichtung ist, wird es möglich, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung des Magnetfelds kleiner vorstehender und ausgesparten Abschnitte zu erreichen, und somit ist es möglich, die Detektionsgenauigkeit weiter zu verbessern.

**[0027]** Bei einer zusätzlichen weiteren Form der Erfindung enthält der Fühler ferner eine Brückenschaltung mit zumindest einem Zweig bestehend aus der magnetoresistiven Großeinrichtung; und eine Signalverarbeitungsvorrichtung zum Verarbeiten des durch die Brückenschaltung ausgegebenen Signals, wodurch Flanken der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des sich bewegenden Elements aus Magnetmaterial detektiert werden.

**[0028]** Gemäß dem obigen Aufbau wird es möglich, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung eines Magnetfelds zu erreichen, und

somit ist es möglich, die Detektionsgenauigkeit weiter zu verbessern. Ferner wird es gemäß dem obigen Aufbau aufgrund der Tatsache, daß die Anisotropie im Hinblick auf die Empfindlichkeit der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtungen eliminiert ist, somit möglich, eine zuverlässige Detektion der Veränderung des Magnetfelds durchzuführen.

[0029] Da sich ferner große Veränderungen der Widerstände der magnetoresistiven Großeinrichtungen erzielen lassen, ist es somit möglich, ein entsprechend großes Signal bei dem Ausgangsanschluss der Signalverarbeitungsvorrichtung zu erhalten, wodurch sich ein großer Randabstand zu dem Signal im Zusammenhang mit dem Referenzpegel bei dem durch die Signalverarbeitungsvorrichtung durchgesetzten Umsetzbetrieb ergibt. Dies dient der Erhöhung der Beständigkeit gegenüber externem Rauschen und somit der Gewährleistung der Tatsache, daß die Signalverarbeitungsvorrichtung ein zuverlässigeres Ausgangssignal mit einem "0"- oder "1"-Pegel ausgeben kann.

[0030] Bei einer zusätzlichen weiteren Form der Erfindung ist das sich bewegende Element aus Magnetmaterial ein Rotationselement, das sich synchron mit einer Drehwelle dreht. Dieser Aufbau gewährleistet, dass der Fühler präzise die Veränderung des Magnetfelds aufgrund der Drehung des Rotationselements aus Magnetmaterial erfassen kann.

[0031] Für eine zusätzliche weitere Form der Erfindung ist kennzeichnend, dass der Hauptteil des Fühlers ein Gehäuse enthält, in dem die magnetoresistive Großeinrichtung angeordnet ist, und dass das Rotationselement in einem Raum an einer Seite des Gehäuses derart angeordnet ist, dass zumindest der Rand des Rotationselements der magnetoresistiven Großeinrichtung gegenüberliegt. Bei diesem Aufbau wird ein Magnetpfad über das Rotationselement und die magnetoresistive Großeinrichtung gebildet. Demnach weist diese Struktur letztendlich dieselbe Funktion wie das Rotationselement aus magnetischem Material auf, das zumindest teilweise aus einem Magnet geformt ist. Im Ergebnis wird es bei dieser Struktur möglich, die Ausgabe eines korrekten Ausgangssignals, das präzise dem Drehwinkel des Rotationselements entspricht, zu starten, sobald die Energieversorgung des Fühlers angeschaltet wird.

[0032] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden unter Bezug auf die beiliegende Zeichnung beschrieben; es zeigen:

[0033] Fig. 1 ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer ersten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0034] Fig. 2 ein Blockschaltbild zum Darstellen des

Schaltungsaufbaus der ersten Ausführungsform des Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0035] Fig. 3 ein Schalt diagramm zum Darstellen eines spezifischen Beispiels der in Fig. 2 gezeigten Schaltung;

[0036] Fig. 4 ein schematisches Diagramm zum Darstellen von vier GMR-Einrichtungen, die auf einer Struktur gebildet sind, derart, daß diese vier GMR-Einrichtungen die Wheatstone-Brückenschaltung der in Fig. 3 gezeigten Schaltung bilden;

[0037] Fig. 5 ein Signalformdiagramm zum Darstellen des Betriebs im Zusammenhang mit der Fig. 3;

[0038] Fig. 6 ein schematisches Diagramm zum Darstellen eines Gegenstands der ersten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0039] Fig. 7 ein Kenndiagramm zum Darstellen des Gegenstands der ersten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0040] Fig. 8 ein schematisches Diagramm zum Darstellen eines Gegenstands einer zweiten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0041] Fig. 9 ein Kenndiagramm zum Darstellen des Gegenstands der zweiten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0042] Fig. 10 ein schematisches Diagramm zum Darstellen eines Gegenstands einer dritten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0043] Fig. 11 ein Kenndiagramm zum Darstellen des Gegenstands der vierten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0044] Fig. 12 ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer vierten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0045] Fig. 13 eine perspektivische Ansicht zum Darstellen der Relativpositionen des Hauptteils des Fühlers und eines Rotationselements aus Magnetmaterial bei der vierten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0046] Fig. 14 eine perspektivische Ansicht zum Darstellen des Hauptteils des Fühlers der vierten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0047] Fig. 15 eine Explosionsansicht zum Darstellen der Innenstruktur des Hauptteils des Fühlers der

vierten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0048] **Fig. 16** eine Querschnittsseitenansicht zum Darstellen eines modifizierten Beispiels des Hauptteils des Fühlers auf Basis der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0049] **Fig. 17** ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer fünften Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0050] **Fig. 18** eine Querschnittsseitenansicht zum Darstellen einer sechsten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0051] **Fig. 19** eine perspektivische Ansicht zum Darstellen des Hauptteils des Fühlers der sechsten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0052] **Fig. 20** eine Querschnittsseitenansicht zum Darstellen eines modifizierten Beispiels des Hauptteils des Fühlers auf Basis der sechsten Ausführungsform der Erfindung;

[0053] **Fig. 21** ein schematisches Diagramm zum Darstellen eines üblichen Fühlers; und

[0054] **Fig. 22** ein vereinfachtes Schaltbild des üblichen Fühlers.

#### Ausführungsbeispiel

[0055] Unter Bezug auf die bevorzugten Ausführungsformen wird der Fühler gemäß der vorliegenden Erfindung detaillierter nachfolgend im Zusammenhang mit der beiliegenden Zeichnung beschrieben.

#### Ausführungsform 1

[0056] **Fig. 1** zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer ersten Ausführungsform eines Fühlers gemäß der vorliegenden Erfindung, und die **Fig. 1a** und **Fig. 1b** zeigen jeweils eine Seitenansicht und eine perspektivische Ansicht hiervon.

[0057] Der Fühler enthält: eine Drehwelle 1; ein Rotationselement aus Magnetmaterial 2, das als Magnetfeldveränderungs-Induktionsvorrichtung dient; das Rotationselement aus Magnetmaterial 2 weist zumindest einen vorstehenden oder ausgesparten Abschnitt auf, und das Rotationselement aus Magnetmaterial 2 ist so angepaßt, daß es sich synchron zur Drehung der Drehwelle 1 dreht; ein Magnetfeld-Abtastelement, beispielsweise eine magnetoresistive Großeinrichtung 10, die in einer Radialrichtung ausgehend von dem Rotationselement aus Magnetmaterial 2 angeordnet ist, bei einer Stelle mit

festgelegter Distanz bezogen auf das Rotationselement aus Magnetmaterial 2; und einen Magneten 4, der als Magnetfeld-Generiervorrichtung zum Anlegen eines Magnetfelds an der magnetoresistiven Großeinrichtung 10 dient, derart, daß die magnetoresistive Großeinrichtung 10 ein magnetoresistives Muster 10a enthält, das als Magnetfeld-Abtastmuster dient, sowie eine Dünnschichtebene (Magnetfeld-Abtastebene) 10b.

[0058] Dreht sich das Rotationselement aus Magnetmaterial 2, so verändert sich das an der Magnetfeld-Abtastebene 10b der magnetoresistiven Großeinrichtung 10 anliegende Magnetfeld, und somit verändert sich der Widerstand des magnetoresistiven Musters 10a in entsprechender Weise.

[0059] Bei diesem Fühler weist die magnetoresistive Großeinrichtung 10 eine Mehrschichtstruktur auf, bestehend aus alternativ aufgetragenen magnetischen Schichten und nichtmagnetischen Schichten, jeweils mit einer Dicke im Bereich von einigen Å bis einigen zehn Å. Eine derartige Mehrschichtstruktur ist als Übergitterstruktur bekannt, und ein spezielles Beispiel ist in einer Veröffentlichung offenbart, die den Titel "Magnetoresistiver Effekt von Mehrschichten" trägt und in Journal of Magnetic Society of Japan, Bd. 15, Nr. 51991, Seiten 813-821, veröffentlicht ist. Spezielle Strukturen enthalten (Fe/Cr)<sub>n</sub>, (Permalloy/Cu/Co/Cu)<sub>n</sub>, (Co/Cu)<sub>n</sub>, usw.. Diese Übergitterstrukturen weisen einen erheblich größeren magnetoresistiven Effekt (magnetoresistiven Großeffekt) auf, als übliche magnetoresistive Einrichtungen. Bei diesen magnetoresistiven Großeinrichtungen mit einer Übergitterstruktur hängt der magnetoresistive Effekt lediglich von dem Relativwinkel zwischen der Magnetisierung benachbarter Magnetschichten ab, und demnach hängt die Veränderung des Widerstands nicht von der Richtung des externen und im Hinblick auf die Stromrichtung anliegenden Magnetfelds ab (diese Eigenschaft wird als magnetische Innenebenen-Feldempfindlichkeit bezeichnet).

[0060] In Hinblick auf die obigen Ausführungen wird bei der vorliegenden Erfindung die Magnetfeld-Abtastebene zum Detektieren der Veränderung des Magnetfelds im wesentlichen mit magnetoresistiven Großeinrichtungen 10 gebildet, und Elektroden werden derart gebildet, daß die jeweiligen magnetoresistiven Großeinrichtungen in einer solchen Weise verbunden sind, daß sie eine Brückenschaltung bilden. Zwei entgegengesetzte Knoten der Brückenschaltung sind mit einer Konstantspannungsquelle oder einer Konstantstromquelle derart verbunden, daß die Veränderung des Widerstands der magnetoresistiven Großeinrichtungen 10 in eine Veränderung der Spannung umgesetzt wird, wodurch die Veränderung des Magnetfelds, das an den magnetoresistiven Großeinrichtungen 10 anliegt, detektiert wird.



[0061] Die **Fig. 2** zeigt ein Blockschaltbild zum Darstellen des Aufbaus des oben beschriebenen Fühlers unter Einsatz der magnetoresistiven Großeinrichtungen.

[0062] Der Fühler enthält eine Wheatstone-Brückenschaltung 11 mit magnetoresistiven Großeinrichtungen, die mit einer festgelegten Distanz von dem Rotationselement aus Magnetmaterial 2 derart angeordnet sind, daß ein Magnetfeld ausgehend von einem Magneten 4 an den magnetoresistiven Großeinrichtungen angelegt wird; einen Differenzialverstärker 12 zum Verstärken des Ausgangssignals der Wheatstone-Brückenschaltung 11; eine Wechselstrom-Kopplungsschaltung 20 zum Blockieren der Gleichspannungs-Komponente des Ausgangssignals des Differenzialverstärkers 12, einen Komparator 13 zum Vergleichen des Ausgangssignals der Wechselstrom-Kopplungsschaltung 20 mit einem Referenzwert, sowie zum Ausgeben eines "0"-Signals oder eines "1"-Signals in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis; eine Signalform-Formgebungsschaltung 14 zum Forgeben der Signalform des Ausgangssignals des Komparators 13 sowie zum Zuführen eines "0"- oder "1"-Signals mit deutlich ausgebildeten steigenden oder fallenden Flanken zu dem Ausgangsanschluß 15. Der obige Differenzialverstärker 12, Komparator 13 und die Signalform-Formgebungsschaltung 14 bilden eine Signalverarbeitungsvorrichtung.

[0063] Die **Fig. 3** zeigt ein Schaltbild zum Darstellen eines speziellen Beispiels der in **Fig. 2** gezeigten Schaltung.

[0064] Die Wheatstone-Brückenschaltung 11 enthält Zweige 10A, 10B, 10C und 10D, die jeweils mit einer magnetoresistiven Großeinrichtung gebildet sind. Ein Ende der magnetoresistiven Großeinrichtung 10A und ein Ende der magnetoresistiven Großeinrichtung 10C sind gemeinsam miteinander verbunden, und der Knoten 16 zwischen diesen Einrichtungen 10A und 10C ist mit dem Stromversorgungsanschluß Vcc verbunden. Ein Ende der magnetoresistiven Großeinrichtung 10B und ein Ende der magnetoresistiven Großeinrichtung 10D sind gemeinsam miteinander verbunden, und der Knoten 17 zwischen diesen Einrichtungen 10B und 10D ist geerdet. Die anderen Enden der magnetoresistiven Großeinrichtungen 10A und 10B sind mit einem Knoten 18 verbunden, während die anderen Enden der magnetoresistiven Großeinrichtungen 10C und 10D mit einem Knoten 19 verbunden sind.

[0065] Der Knoten 18 der Wheatstone-Brückenschaltung 11 ist über einen Widerstand mit dem invertierenden Eingang des Verstärkers 12a verbunden, der den Differenzialverstärker 12 bildet. Der Knoten 19 ist über einen Widerstand mit dem nichtinvertierenden Eingangsanschluß des Verstärkers 12a

verbunden, und der nichtinvertierende Eingang des Verstärkers 12a ist ferner über einen Widerstand mit einem Spannungsteiler verbunden, der eine Referenzspannungsversorgung bildet.

[0066] Der Ausgangsanschluß des Verstärkers 12a ist mit dem invertierenden Eingangsanschluß des Komparators 13 verbunden. Der nichtinvertierende Eingangsanschluß des Komparators 13 ist mit einem Spannungsteiler verbunden, der eine Referenzspannungsversorgung bildet, die aus den Widerständen 21 und 22 besteht, und weiterhin ist dieser über einen Widerstand mit dem Ausgangsanschluß des Komparators 13 verbunden.

[0067] Der Ausgangsanschluß des Komparators 13 ist auch mit der Basis eines Transistors 14a verbunden. Der Kollektor des Transistors 14a ist mit dem Ausgangsanschluß 15 und ebenso mit einem Stromversorgungsanschluß Vcc über einen Widerstand verbunden. Der Emitter des Transistors 14a ist geerdet.

[0068] **Fig. 4** zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen magnetoresistiver Großeinrichtungen 10A, 10B, 10C und 10D, die auf einem Substrat 20 derart gebildet wird, daß durch diese Einrichtungen eine Wheatstone-Brückenschaltung 11 aufgebaut wird.

[0069] Nun wird zunächst der Betrieb nachfolgend unter Bezug auf die **Fig. 5** beschrieben.

[0070] Bei Drehung des Rotationselements aus Magnetmaterial 2 verändert sich das an den magnetoresistiven Großeinrichtungen 10A bis 10D anliegende Magnetfeld in Ansprechen auf das Vorbeiführen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial 2, wie in **Fig. 5a** gezeigt ist, und das an den magnetoresistiven Einrichtungen 10A und 10D anliegende Magnetfeld weist tatsächlich im Vergleich zu den an den magnetoresistiven Einrichtungen 10B und 10C anliegenden eine entgegengesetzte Phase auf. Die obige Veränderung des Magnetfelds wird durch die magnetoresistiven Einrichtungen 10A und 10D detektiert, und ebenso durch die magnetoresistiven Einrichtungen 10B und 10C, und die Phase der durch die magnetoresistiven Einrichtungen 10A und 10D detektierten Phase wird umgekehrt zu derjenigen, die durch die magnetoresistiven Einrichtungen 10B und 10C detektiert wird. Im Ergebnis wird die Gesamtamplitude der Veränderung des Magnetfeldes effektiv viermal größer als diejenige, die sich durch eine einzige magnetoresistive Großeinrichtung erfassen läßt.

[0071] Eine entsprechende Veränderung des Widerstands tritt in jeder magnetoresistiven Großeinrichtung auf. Demnach weisen die magnetoresistiven Großeinrichtungen 10A und 10D maximalen und mi-

nimalen Widerstand an den Stellen auf, die eine entgegengesetzte Phase zu den Stellen aufweisen, bei denen die magnetoresistiven Großeinrichtungen 10B und 10C maximalen und minimalen Widerstand aufweisen. Im Ergebnis verändern sich auch die Spannungen bei den Knoten 18 und 19 (Mittelpunktspannungen) der Wheatstone-Brückenschaltung 11 in ähnlicher Weise.

[0072] Die Differenz der Mittelpunktspannung wird durch den Differenzialverstärker 12 verstärkt. Wie in Fig. 5b gezeigt ist, gibt der Differenzialverstärker 12 ein Signal  $V_{00}$  aus, entsprechend den vorstehenden und ausgesparten Abschnitten des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial, wie in Fig. 5a gezeigt. Demnach wird das Ausgangssignal des Differenzialverstärkers 12 im wesentlichen vielmals größer als dasjenige, das durch eine einzige GMR-Einrichtung erhalten wird.

[0073] Das Ausgangssignal  $V_{00}$  dieses Differenzialverstärkers 12 wird dem Komparator 13 so zugeführt, daß ein Vergleich mit der Referenzspannung erfolgt. Der Komparator 13 gibt ein "0"- oder "1"-Signal in Übereinstimmung mit dem Vergleichsergebnis aus. Die Signalform dieses Signals wird dann durch die Signalform-Formgebungsschaltung 14 geformt. Im Ergebnis wird ein Ausgangssignal mit einem "0"- oder "1"-Pegel und mit steilen ansteigenden und fallenden Flanken über den Ausgangsanschluß 15 gebildet, wie in Fig. 5c gezeigt.

[0074] Mit dem oben beschriebenen Aufbau wird die Differenz zwischen den Mittelpunktspannungen in differentieller Weise verstärkt, und die Veränderung des durch die zugeordneten magnetoresistiven Einrichtungen detektierten Magnetfelds wird wirksam auf einen im Vergleich zu dem mit einer einzigen magnetoresistiven Einrichtung erhältlichen viermal größeren Pegel angehoben. Dies bedeutet, daß der Aufbau mit Einsatz einer Brückenschaltung eine zuverlässige Vorrichtung zum Umsetzen der Veränderung des Magnetfelds aufgrund der Drehung des Rotationselements aus Magnetmaterial 2 in eine große Veränderung eines Widerstands bilden kann.

[0075] Somit ist es möglich, ein entsprechend großes Signal an dem Ausgang des Differenzialverstärkers 12 zu erhalten, was zu einem großen Randabstand bei dem Signal im Hinblick auf den Referenzpegel bei dem durch den Komparator 13 durchgeführten Vergleichsbetrieb, wodurch die Beständigkeit gegenüber einer Störung aufgrund eines externen Rauschens erhöht wird, und somit gewährleistet ist, daß der Komparator ein zuverlässigeres Ausgangssignal mit einem "0"- oder einem "1"-Pegel ausgeben kann.

[0076] Bei der obigen Struktur kann die GMR-Einrichtung 10 wirksam die Veränderung des Magnet-

felds gemäß den vorstehenden und ausgesparten Abschnitten des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial dann detektieren, wenn die Abmessungen der Elemente so ausgewählt sind, daß gilt  $L_3 \leq L_1$  und  $L_3 \leq L_2$  derart, daß  $L_1$  und  $L_2$  jeweils, wie in Fig. 6 gezeigt, die Größen der ausgesparten Abschnitte und der vorstehenden Abschnitte des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial kennzeichnen und  $L_3$  die Größe der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtung 10 kennzeichnet. Im Ergebnis ist es möglich, ein präzises Detektionssignal mit hoher Zuverlässigkeit zu erhalten.

[0077] Die Fig. 7 zeigt Beispiele der Widerstandsveränderungen der GMR-Einrichtungen 10A und 10B, die wie in Fig. 3 gezeigt, die Brückenschaltung bilden, und zwar für vier unterschiedliche Bedingungen im Hinblick auf die Größe  $L_3$  der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtung 10 sowie der Größen  $L_1$ ,  $L_2$  der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial.

[0078] Sie sich anhand von Fig. 7 erkennen läßt, wird ein maximaler Wirkungsgrad bei der Detektion der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial in dem Fall erzielt, in dem die Veränderungen der Widerstände der GMR-Einrichtungen 10A und 10B groß sind und die GMR-Einrichtung 10B einen minimalen Widerstand dann aufweist, wenn die GMR-Einrichtung 10A einen maximalen Widerstand aufweist, oder umgekehrt die GMR-Einrichtung 10B einen maximalen Widerstand aufweist, wenn die GMR-Einrichtung 10A einen minimalen Widerstand aufweist.

[0079] Anhand von Fig. 7 läßt sich ebenfalls erkennen, daß die Detektion mit hohem Wirkungsgrad dann möglich ist, wenn die oben beschriebenen Bedingungen  $L_3 \leq L_1$ ,  $L_3 \leq L_2$  erfüllt sind.

[0080] Bei den anderen vier Beispielen liegt im Fall von Fig. 7a, in dem  $L_3 = L_1/2$  und  $L_3 = L_2/2$  gilt, keine Symmetrie der Widerstandsveränderung zwischen den GMR-Einrichtungen 10A und 10B vor, obgleich eine große Widerstandsveränderung erhalten wird. Andererseits wird im Fall der Fig. 7b, in dem  $L_3 = L_1 \times (2/3)$  und  $L_3 = L_2 \times (2/3)$  gilt, nicht nur eine große Widerstandsveränderung erhalten, sondern auch eine gute Symmetrie der Widerstandsveränderung. Im Fall der Fig. 7c, in dem  $L_3 = L_1$  und  $L_3 = L_2$  gilt, wird keine große Veränderung des Widerstands erhalten, obgleich eine gute Symmetrie der Widerstandsveränderung vorliegt. Im Fall der Fig. 7d, in dem  $L_3 > L_1$  und  $L_3 > L_2$  gilt, wird weder eine große Widerstandsveränderung noch eine gute Symmetrie der Widerstandsveränderung erhalten.

[0081] Wie oben beschrieben, ist es möglich, die Abmessungen der GMR-Einrichtungen relativ zu den



Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial zu optimieren. In anderen Worten ausgedrückt ist es möglich, den Detektionswirkungsgrad dadurch zu maximieren, daß die Abmessungen der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtungen relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial optimiert werden (bei den speziellen oben beschriebenen Beispielen gehören die in **Fig. 7b** gezeigten Bedingungen zu der besten Eigenschaft).

**[0082]** Obgleich bei dieser spezifischen Ausführungsform die mit GMR-Einrichtungen aufgebaute Wheatstone-Brückenschaltung eingesetzt wird, lassen sich andere ähnliche Brückenschaltungsaufbauten ebenfalls einsetzen.

**[0083]** Bei dieser Ausführungsform wird, wie oben beschrieben, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung eines Magnetfelds dadurch erhalten, daß die Abmessungen der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtungen relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial optimiert werden.

**[0084]** Ferner lassen sich die Flanken der vorstehenden ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial präzise über die mit GMR-Einrichtungen aufgebaute Brückenschaltung detektieren. Hierdurch ist es möglich, eine größere Genauigkeit für das abschließende Ausgangssignal zu erreichen.

#### Ausführungsform 2

**[0085]** **Fig. 8** zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0086]** In dieser Figur sind ähnliche Elemente und Teile im Vergleich zu den in **Fig. 6** gezeigten anhand gleicher Bezugszeichen gekennzeichnet, und sie werden hier nicht weiter detailliert beschrieben. Ferner ist bei dieser vorliegenden Ausführungsform die Gesamtstruktur, die geometrische Struktur der auf einem Substrat aufgebrachten GMR-Einrichtungen und der Schaltungsaufbau einschließlich der Wheatstone-Brückenschaltung ähnlich zu derjenigen der ersten Ausführungsform, die oben beschrieben sind, und somit werden sie hier nicht weiter detailliert beschrieben.

**[0087]** Bei der oben beschriebenen ersten Ausführungsform wird eine hochgenaue und hochwirksame Detektion eines Magnetfelds dadurch erreicht, daß die Abmessungen der Magnetfeld-Abtastebene der GMR-Einrichtungen innerhalb des spezifischen Be-

reichs relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial gehalten werden. Im Gegensatz hierzu wird bei der vorliegenden Ausführungsform die Abmessung des Magneten relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial begrenzt, und zwar innerhalb eines optimalen Bereichs.

**[0088]** Dies bedeutet, daß dann, wenn der Magnet eine Größe  $L_4$  aufweist, die die Bedingungen  $L_4 \leq 5L_1$  und  $L_4 \leq 5L_2$  aufweist, es möglich ist, eine hochwirksame Detektion der vorstehenden ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial zu erzielen.

**[0089]** **Fig. 9** zeigt Beispiele der Widerstandsveränderungen der GMR-Einrichtungen **10A** und **10B**, die die in **Fig. 3** gezeigte Brückenschaltung bilden, und zwar für zwei unterschiedliche Bedingungen im Hinblick auf die Größe  $L_4$  des Magneten relativ zu den Größen  $L_1$ ,  $L_2$  der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements **2** aus Magnetmaterial.

**[0090]** Weiterhin wird in diesem Fall ein maximaler Wirkungsgrad bei der Detektion der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements **2** aus Magnetmaterial dann erzielt, wenn die Veränderungen der Widerstände der GMR-Einrichtungen **10A** und **10B** groß sind und wenn die GMR-Einrichtung **10B** einen minimalen Widerstand dann aufweist, wenn die GMR-Einrichtung **10A** einen maximalen Widerstand aufweist, oder umgekehrt die GMR-Einrichtung **10B** einen maximalen Widerstand aufweist, wenn die GMR-Einrichtung **10A** einen minimalen Widerstand aufweist.

**[0091]** Insbesondere werden, wie sich anhand von **Fig. 9** erkennen läßt die obigen Anforderungen erfüllt, wenn gilt  $L_4 \leq 5L_1$  und  $L_4 \leq 5L_2$ .

**[0092]** Das heißt, daß im Fall der **Fig. 9a**, in dem  $L_4 \leq 5L_1$  und  $L_4 \leq 5L_2$  gilt, nicht nur eine große Widerstandsveränderung erhalten wird, sondern ebenfalls eine gute Symmetrie der Widerstandsveränderung. Andererseits ist in dem Fall der **Fig. 9b**, in dem  $L_4 > 5L_1$  und  $L_4 > 5L_2$  gilt, die Veränderung des Widerstands klein, obgleich eine gute Symmetrie der Widerstandsveränderung vorliegt.

**[0093]** Wie oben beschrieben, läßt sich der Detektionswirkungsgrad maximieren, indem die Größe des Magneten relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial optimiert werden (in den spezifischen, oben beschriebenen Beispielen führen die in **Fig. 9a** gezeigten Bedingungen zu dem besten Ergebnis).

[0094] Obgleich in dieser spezifischen Ausführungsform die mit den GMR-Einrichtungen aufgebaute Wheatstone-Brückenschaltung eingesetzt wird, können andere ähnliche Brückenschaltungs-Aufbauten ebenfalls eingesetzt werden.

[0095] Demnach läßt sich eine hohe Genauigkeit und ein hoher Wirkungsgrad bei der Detektion der Veränderung des Magnetfelds erreichen, indem die Größe des Magneten relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial optimiert werden.

[0096] Ferner lassen sich die Flanken der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial präzise durch die mit GMR-Einrichtungen aufgebaute Brückenschaltung detektieren. Hierdurch wird es möglich, eine größere Genauigkeit bei dem abschließenden Ausgabesignal zu erreichen.

### Ausführungsform 3

[0097] Fig. 10 zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen einer dritten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0098] In dieser Figur sind im Vergleich zur Fig. 6 ähnliche Elemente und Teile anhand derselben Bezugszeichen gekennzeichnet, und sie werden hier nicht weiter detailliert beschrieben. Ferner stimmen bei dieser vorliegenden Ausführungsform die Gesamtstruktur, die geometrische Struktur der auf einem Substrat aufgebrachten GMR-Einrichtungen und der Schaltungsaufbau einschließlich der Wheatstone-Brückenschaltung mit dem bei der ersten und oben beschriebenen Ausführungsform eingesetzten überein, und somit werden sie hier nicht weiter detailliert beschrieben.

[0099] Bei der oben beschriebenen ersten und zweiten Ausführungsform wird eine hochgenaue und hochwirksame Detektion des Magnetfelds dadurch erreicht, daß die Größe des Magneten oder die Abmessungen der Magnetfeld-Abtastelebene der GMR-Einrichtungen relativ zu den Abmessungen der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial optimiert werden. Im Gegensatz hierzu wird bei der vorliegenden Ausführungsform die Stelle des Magneten relativ zu der Feldabtastelebene der GMR-Einrichtung optimiert.

[0100] Dies bedeutet, daß es dann, wenn die Distanz  $L_5$  zwischen dem Magneten und der Magnetfeld-Abtastelebene zu  $L_5 \leq 5L_3$  bestimmt ist, möglich ist, einen hohen Wirkungsgrad bei der Detektion der vorstehenden ausgesparten Abschnitte des Rotationselements des Magnetmaterials zu erreichen.

[0101] Die Fig. 11 zeigt Beispiele von Widerstandsveränderungen bei den die in Fig. 3 gezeigte Brückenschaltung bildenden GMR-Einrichtungen 10A und 10B, für drei unterschiedliche Bedingungen im Hinblick auf die Größe  $L_3$  der Magnetfeld-Abtastelebene der GMR-Einrichtung 10 und der Distanz  $L_5$  zwischen dem Magneten und der Magnetfeld-Abtastelebene der GMR-Einrichtung.

[0102] Weiterhin wird in diesem Fall ein maximaler Wirkungsgrad bei der Detektion der vorstehenden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements 2 aus Magnetmaterial dann erreicht, wenn die Veränderungen der Widerstände der GMR-Einrichtungen 10A und 10B groß sind, und wenn die GMR-Einrichtung 10B einen minimalen Widerstand dann aufweist, wenn die GMR-Einrichtung 10A einen maximalen Widerstand aufweist, oder andererseits die GMR-Einrichtung 10B einen maximalen Widerstand dann aufweist, wenn die GMR-Einrichtung 10B einen minimalen Widerstand aufweist.

[0103] Wie insbesondere anhand von Fig. 11a gezeigt ist, sind die obigen Bedingungen dann erfüllt, wenn  $L_5 \leq 5L_3$  gilt.

[0104] Bei den obigen Beispielen liegt in dem Fall der Fig. 11b, in dem  $L_5 = L_3$  gilt, keine Symmetrie der Widerstandsveränderung vor, obgleich eine große Widerstandsveränderung erhalten wird. Andererseits wird im Fall der Fig. 11c, in dem  $L_5 = 3L_3$  gilt, nicht nur eine große Widerstandsveränderung erhalten, sondern ebenfalls eine gute Symmetrie der Widerstandsveränderung. Im Fall der Fig. 11d, in dem  $L_5 = 2L_3$  gilt, liegt keine Symmetrie der Widerstandsveränderung vor, obgleich eine große Widerstandsveränderung erhalten wird.

[0105] Wie oben beschrieben, läßt sich der Detektionswirkungsgrad dadurch maximieren, daß die Distanz zwischen Magneten und der Magnetfeld-Abtastelebene der GMR-Einrichtung in dem Bereich von  $L_5 \leq 5L_3$  optimiert wird (bei den spezifischen oben beschriebenen Beispielen führen die in Fig. 11c gezeigten Bedingungen zu dem besten Ergebnis).

[0106] Obgleich die mit den GMR-Einrichtungen aufgebaute Wheatstone-Brückenschaltung bei dieser spezifischen Ausführungsform eingesetzt wird, können andere ähnliche Brückenschaltungs-Aufbauten ebenfalls eingesetzt werden.

[0107] Bei dieser Ausführungsform wird, wie oben beschrieben, eine hochgenaue und hochwirksame Detektion der Veränderung eines Magnetfelds dadurch erreicht, daß die Distanz zwischen dem Magneten und der Magnetfeld-Abtastelebene der GMR-Einrichtung optimiert wird.

[0108] Ferner lassen sich die Flanken der vorste-



henden und ausgesparten Abschnitte des Rotationselements aus Magnetmaterial präzise über die Brückenschaltung detektieren, die mit GMR-Einrichtungen aufgebaut ist. Somit ist es möglich, eine größere Genauigkeit für das abschließende Ausgangssignal zu erreichen.

#### Ausführungsform 4

[0109] Die **Fig. 12** bis **Fig. 15** zeigen die vierte Ausführungsform der Erfindung, bei der die Erfindung bei einem Verbrennungsmotor eingesetzt wird. Die **Fig. 12** zeigt ein schematisches Diagramm zum Darstellen des Aufbaus des Gesamtsystems der Ausführungsform. Die **Fig. 13** zeigt eine perspektivische Ansicht zum Darstellen der Relativpositionen des Hauptteils eines Fühlers und eines Rotationselements aus Magnetmaterial. Die **Fig. 14** zeigt eine perspektivische Ansicht zum Darstellen des Hauptteils des Fühlers, und die **Fig. 15** zeigt die Innenstruktur hiervon. Wie anhand dieser Figuren gezeigt ist, ist der Hauptteil des Fühlers **50** an einer Stelle benachbart zu dem Verbrennungsmotor **60** angeordnet. Ein Rotationselement aus Magnetmaterial **52** dient als Signalplatte, und ist auf einer Kurbelwelle oder einer Nockenwelle des Motors **60** angeordnet, die als Drehwelle **51** derart eingesetzt wird, daß das Rotationselement aus Magnetmaterial **52** sich synchron mit der Drehwelle **51** drehen kann, und das Rotationselement aus Magnetmaterial **52** weist zumindest einen vorstehenden oder ausgesparten Abschnitt auf, wie bei dem oben beschriebenen Rotationselement aus Magnetmaterial **2**.

[0110] Eine Steuereinheit **61** ist mit einer Schaltungseinheit des Hauptteils des Fühlers **50** verbunden. Die Steuereinheit **61** ist ebenfalls mit einer Drosselklappe verbunden, die im Ansaugstutzen **62** des Verbrennungsmotors **60** angeordnet ist.

[0111] Der Hauptteil des Fühlers **50** ist in der Nähe des Verbrennungsmotors **60** derart angeordnet, daß die Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtungen des Hauptteils des Fühlers **50** dem Rotationselement aus Magnetmaterial **52** gegenüberliegen.

[0112] Wie in **Fig. 14** gezeigt enthält der Hauptteil des Fühlers **50**: ein Gehäuse **53**, das aus Harz oder einem nichtmagnetischen Material hergestellt ist; einen Befestigungsteil **54**; und Eingabe/Ausgabe-Leitungsanschlüsse **55** wie einen Stromversorgungsanschluß, einen Masseanschluß und einen Ausgangsanschluß, die sich von dem Unterabschnitt des Gehäuses **52** erstrecken.

[0113] Wie in **Fig. 15** gezeigt, liegt in der Innenseite des Gehäuses **53** ein Substrat **56** vor, auf dem eine Schaltung angeordnet ist, beispielsweise diejenige, die zuvor unter Bezug auf die **Fig. 3** beschrieben

wurde. Auf dem Substrat **56** sind auch magnetoresistive Großeinrichtungen **57** vorgesehen, sowie ein Magnet **58**, die/der beispielsweise jeweils der oben beschriebenen magnetoresistiven Großeinrichtung **10** und dem Magneten **4** ähnlich sind.

[0114] Nachfolgend wird der Betrieb beschrieben.

[0115] Bei Start des Verbrennungsmotors **60** und dem hiermit verbundenen Start der Drehbewegung des Rotationselements aus Magnetmaterial **52** synchron zu der Drehung der Drehwelle **51** verändert sich das an der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtungen **57** des Hauptteils des Fühlers **50** anliegende Magnetfeld in Ansprechen auf die vorstehenden und ausgesparten Abschnitte, und eine entsprechende Veränderung tritt bei dem Widerstand der magnetoresistiven Großeinrichtungen **57** auf. Im Ergebnis verändert sich eine Spannungsdifferenz zwischen den Mittenpunktspannungen einer Wheatstone-Brückenschaltung mit den magnetoresistiven Großeinrichtungen **57** in entsprechender Weise. Die Spannungsdifferenz wird durch einen Differenzialverstärker verstärkt, und das Ausgangssignal des Differenzialverstärkers wird einem Komparator zugeführt, der selbst wiederum das Ausgangssignal, des Differenzialverstärkers mit einer Referenzspannung vergleicht, und ein "0"- oder ein "1"-Signal in Ansprechen auf das Vergleichsergebnis ausgibt. Das Ausgangssignal des Komparators wird dann durch eine Signalform-Formgebungsschaltung geformt. Das sich ergebende Signal mit einem "0"- oder einem "1"-Pegel wird der Steuereinheit **61** zugeführt. Anhand dieses Signals kann die Steuereinheit **61** die Information über den Drehwinkel und die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle und der Nockenwelle im Zusammenhang mit jedem Zylinder des Verbrennungsmotors **60** ableiten.

[0116] Auf Basis des Ausgangssignals des Fühlers, das entweder einen "0"- oder einen "1"-Pegel aufweist, und ebenfalls auf Basis der Information über das Öffnungsverhältnis der Drosselklappe **63** generiert die Steuereinheit **61** Steuersignale, durch die der Zündzeitpunkt der (nicht gezeigten) Zündkerzen und der Einspritzzeitpunkt der Benzineinspritzventile gesteuert wird.

[0117] Obgleich bei dem oben beschriebenen speziellen Beispiel der Hauptteil des Fühlers **50** Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse **55** in der Form von Leitern aufweist, läßt sich auch ein Verbinder **59** einsetzen, beispielsweise der in **Fig. 16** gezeigte, der sich in lösbarer Weise an dem Gehäuse **53** befestigen läßt.

[0118] In diesem Fall sind die Anschlüsse **55** in dem Verbinder **59** derart enthalten, daß dann wenn der Verbinder **59** an das Gehäuse **53** angepaßt ist, die Anschlüsse **55** in Kontakt mit der auf dem Substrat **56** aufgetragenen Schaltung gelangen. Der Verbinder

59 erleichtert die Handhabung des Fühlers mit einem einfachen Mechanismus, und er erleichtert auch die Befestigung des Fühlers bei einem Verbrennungsmotor.

[0119] Wie oben beschrieben, bildet die vorliegende Ausführungsform einen hochpräzisen Fühler mit geringen Abmessungen, der präzise den Drehwinkel (die Drehgeschwindigkeit) der Kurbelwelle oder der Nockenwelle eines Verbrennungsmotors detektieren kann. Dies ermöglicht die präzise Steuerung des Verbrennungsmotors. Ferner läßt sich der Fühler der vorliegenden Ausführungsform einfach in hochzuverlässiger Weise bei einem Verbrennungsmotor montieren, ohne daß ein großer Montageraum erforderlich ist.

#### Ausführungsform 5

[0120] Fig. 17 zeigt eine fünfte Ausführungsform der Erfindung, und Fig. 17a zeigt eine perspektivische Ansicht zum Darstellen der Relativpositionen des Hauptteils eines Fühlers und eines Rotationselements aus Magnetmaterial, und Fig. 17b zeigt eine Seitenansicht hiervon. In Fig. 17 sind im Vergleich zur Fig. 13 ähnliche Elemente und Teile anhand gleicher Bezugszeichen gekennzeichnet, und sie werden hier nicht weiter detailliert beschrieben.

[0121] Bei allen vorhergehenden Ausführungsformen ist der Hauptteil des Fühlers in einer rechtwinklig zur Drehachse verlaufenden Position angeordnet. Im Gegensatz hierzu ist bei dieser zehnten Ausführungsform der Hauptteil des Fühlers in einer parallel zur Drehachse liegenden Position angeordnet.

[0122] Dies bedeutet, daß wie in Fig. 17 gezeigt, der Hauptteil des Fühlers 50 entlang einer Richtung der Drehachse 51 derart verschoben ist, daß die Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtung des Hauptteils des Fühlers 50 den vorstehenden und ausgesparten Abschnitten 52a des Drehelements aus Magnetmaterial 52 gegenüberliegt.

[0123] Die vorliegende Ausführungsform ermöglicht nicht nur die ähnlichen Wirkungen, wie sie mit der oben beschriebenen fünften Ausführungsform erreicht werden, sondern sie weist auch einen zusätzlichen Vorteil dahingehend auf, daß sich der Raum in der Nähe der Drehachse wirksam zum Anordnen des Hauptteils des Fühlers nützen läßt. Bei diesem Aufbau ist kein zusätzlicher Raum in Radialrichtung zum Installieren des Hauptteils des Fühlers erforderlich, und somit ist es möglich, die Größe des Fühlers weiter zu reduzieren.

#### Ausführungsform 6

[0124] Die Fig. 18 und Fig. 19 zeigen eine sechste Ausführungsform der Erfindung, und die Fig. 18 zeigt

ein schematisches Diagramm zum Darstellen des Hauptteils eines Fühlers 19, und die Fig. 19 zeigt eine Seitenansicht hiervon.

[0125] In diesen Figuren sind im Vergleich zur Fig. 13 oder Fig. 15 ähnliche Elemente und Teile anhand gleicher Bezugszeichen gekennzeichnet, und sie werden hier nicht weiter detailliert beschrieben.

[0126] Bei allen vorhergehenden Ausführungsformen sind die magnetoresistiven Großeinrichtungen des Hauptteils des Fühlers mit einem festgelegten Abstand getrennt von dem Drehelement aus Magnetmaterial angeordnet. Im Gegensatz hierzu ist bei dieser zwölften Ausführungsform das Rotationselement aus Magnetmaterial zwischen einem Magneten und der magnetoresistiven Großeinrichtung des Hauptteils des Fühlers derart angeordnet, daß das Rotationselement aus Magnetmaterial gemäß einer festgelegten Distanz bezogen auf den Magnet und die magnetoresistive Großeinrichtung beabstandet ist.

[0127] Der Hauptteil des Fühlers 50A enthält: ein Gehäuse 70, das beispielsweise aus einem Harz oder einem nichtmagnetischen Material hergestellt ist; eine Abdeckung 71 zum Schützen einer magnetoresistiven Großeinrichtung 57, die ähnlich zu der oben beschriebenen magnetoresistiven Großeinrichtung 10 ist, derart, daß die magnetoresistive Großeinrichtung 57 in einem Hohlraum 70a im Inneren des Gehäuses 70 angeordnet ist; und einen Befestigungsteil. In dem Hohlraum 70a im Inneren des Gehäuses 70 ist ein (nicht gezeigtes) Substrat vorgesehen, auf dem eine Schaltung montiert ist, die ähnlich zu der oben unter Bezug auf die Fig. 3 beschrieben ist. Die magnetoresistive Großeinrichtung 57 ist auf dem oben beschriebenen Substrat montiert. Die magnetoresistive Großeinrichtung 57 ist elektrisch mit den Anschlüssen 72 verbunden, die sich zu dessen Unterabschnitt hin über die Innenseite des Hauptteils des Fühlers 50A erstrecken. Die anderen Enden der Anschlüsse 72 sind mit Eingabe/Ausgabe-Leitungsanschlüssen 73 verbunden, einschließlich einem Stromversorgungsanschluß, einem Masseanschluß und einem Ausgangsanschluß, die sich zur Außenseite über die Verbindung mit einer externen Schaltung erstrecken.

[0128] Ein Magnet 58 ist an der Unterseite des Raums 70b bei einer Seite des Gehäuses 70 derart angeordnet, daß der Magnet 58 der Magnetfeld-Abtastebene der in dem Hohlraum 70a angeordneten magnetoresistiven Großeinrichtung 57 gegenüberliegt. Das Rotationselement aus Magnetmaterial 52, das so ausgebildet ist, daß es sich synchron mit der Drehwelle 51 dreht, ist in einer solchen Weise angeordnet, daß zumindest dessen vorstehende und ausgesparte Abschnitte durch die Lücke zwischen der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 und dem Magneten 58 hindurchtreten.



**[0129]** Bei diesem Aufbau wird ein magnetischer Pfad über den Magneten 58, das Rotationselement aus Magnetmaterial 52 und der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 gebildet. Ist ein ausgesparter Abschnitt des Rotationselements aus Magnetmaterial 52 zwischen der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 und dem Magneten 58 angeordnet, so liegt das von dem Magneten 58 ausgehende Magnetfeld direkt an der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 an. Andererseits wird dann, wenn ein vorstehender Abschnitt des Rotationselements aus Magnetmaterial 52 zwischen der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 und dem Magneten 58 angeordnet ist, das von dem Magneten 58 ausgehende Magnetfeld in dem Rotationselement aus Magnetmaterial 52 absorbiert, und im Ergebnis liegt im wesentlichen kein Feld an der Magnetfeld-Abtastebene der magnetoresistiven Großeinrichtung 57 an.

**[0130]** Demnach weist die obige Struktur tatsächlich dieselbe Funktion wie das Rotationselement aus Magnetmaterial 52 auf, von dem zumindest ein Teil als Magnet ausgebildet ist, wie bei den oben im Zusammenhang mit den **Fig. 11** und **Fig. 14** beschriebenen Ausführungsformen. Im Ergebnis ist es mit dieser Struktur auch möglich, einen Detektionsbetrieb unmittelbar nach dem Anschalten der Stromversorgung zu starten.

**[0131]** Bei dem oben speziell beschriebenen Beispiel ist der Magnet 58 an der Unterseite des Raums 70b auf der Seite des Gehäuses 70 derart angeordnet, daß der Magnet 58 der Magnetfeld-Abtastebene der in dem Hohlraum 70a angeordneten magnetoresistiven Großeinrichtung 57 gegenüberliegt. Jedoch kann ferner ein Kern 75 zwischen der Unterseite des Raums 70b und dem Magneten 58 vorgesehen sein, wie in **Fig. 29** gezeigt, wodurch eine Magnetschaltung gebildet wird. In diesem Fall wird ein geschlossener magnetischer Pfad gebildet, der von dem Magneten 58 ausgeht, und über das Rotationselement aus Magnetmaterial 52 verläuft, sowie die magnetoresistive Großeinrichtung 57, das Rotationselement aus Magnetmaterial 52, den Kern 75 und schließlich bei dem Magneten 58 endet. Die magnetische Schaltung führt zu einer Verbesserung der Zuverlässigkeit des Meßbetriebs.

**[0132]** Demnach gewährleistet die vorliegende Ausführungsform nicht nur Wirkungen ähnlich denjenigen der oben beschriebenen vierten Ausführungsform, sondern es ergibt sich auch ein zusätzlicher Vorteil dahingehend, daß es möglich ist, einen Meßbetrieb unmittelbar dann zu starten, wenn die Stromversorgung angeschaltet wird, selbst wenn das Rotationselement aus Magnetmaterial genau zwischen der magnetoresistiven Großeinrichtung und dem Magneten angeordnet ist.

## Ausführungsform 17

**[0133]** Bei all den vorhergehenden Ausführungsformen ist das sich bewegende Element aus Magnetmaterial, das als Magnetfeldveränderungs-Induktionsvorrichtung dient, so ausgebildet, daß sie sich synchron mit der Drehwelle dreht. Jedoch kann das sich bewegende Element aus Magnetmaterial auch so ausgebildet sein, daß es sich entlang einer geraden Linie bewegt. Ein derartiges sich bewegendes Element kann beispielsweise bei der Detektion des Öffnungsumfangs eines EGR-Ventils in einem Verbrennungsmotor Anwendung finden.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erfassung eines Magnetfeldes, umfassend

- eine Magnetfeld-Generiereinrichtung (4; 58) zum Generieren eines Magnetfeldes;
- eine relativ zur Magnetfeld-Generiereinrichtung (4; 58) verstellbare Induktionseinrichtung (2; 52) zur Änderung des durch die Magnetfeld-Generiereinrichtung erzeugten Magnetfeldes, wobei die Induktionseinrichtung (2; 52) einen ersten Bereich mit einer sich in Richtung einer Relativverstellung der Induktionseinrichtung erstreckenden Abmessung  $L_1$  und einen zweiten Bereich mit einer sich in der Richtung dieser Relativverstellung erstreckenden Abmessung  $L_2$  aufweist und die ersten und zweiten Bereiche einen gegenseitigen Abstand voneinander aufweisen; und

– eine magnetoresistive Einrichtung (10; 57), welche eine Abtastfläche bildet, die im Magnetfeld derart angeordnet ist, dass der Widerstand der magnetoresistiven Einrichtung (10; 57) sich in Abhängigkeit von einer Änderung des Magnetfeldes ändert;

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- eine weitere, sich in Richtung der Relativverstellung der Induktionseinrichtung (2; 52) erstreckende Abmessung  $L_3$  der Abtastfläche der magnetoresistiven Einrichtung (10; 57) gleich oder kleiner ist als die Abmessung  $L_1$  bzw.  $L_2$  des ersten und/oder zweiten Bereiches der Induktionseinrichtung in Richtung der Relativverstellung der Induktionseinrichtung (2; 52) [ $L_3 \leq L_1$  und/oder  $L_3 \leq L_2$ ]; und
- eine weitere, sich in Richtung der Relativverstellung der Induktionseinrichtung (2; 52) erstreckende Abmessung  $L_4$  der Magnetfeld-Generiervorrichtung (4; 58) mindestens fünfmal kleiner ist als die Abmessungen  $L_1$  bzw.  $L_2$  des ersten und zweiten Bereiches der Induktionseinrichtung (2; 52) [ $L_4 \leq 5L_1$  und  $L_4 \leq 5L_2$ ].

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand  $L_5$  der Abtastfläche der magnetoresistiven Einrichtung (10; 57) von der Magnetfeld-Generiereinrichtung (4; 58) mindestens fünfmal kleiner ist als die Abmessung  $L_3$  der Abtastfläche der magnetoresistiven Einrichtung (10; 57) [ $L_5 \leq 5L_3$ ].

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetoresistive Einrichtung (10; 57) durch eine magnetoresistive Großeinrichtung (GMR) gebildet ist.

magnetoresistiven Einrichtung (57) weist.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die magnetoresistive Einrichtung (10; 57) mindestens zwei magnetoresistive Elemente (10A, 10B, 10C, 10D) umfasst.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei magnetoresistiven Elemente (10A, 10B, 10C, 10D) der magnetoresistiven Einrichtung (10; 57) nebeneinander längs einer parallel zur Richtung der relativen Verstellung der Induktionseinrichtung (2; 52) verlaufenden Linie angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei magnetoresistiven Elemente (10A, 10B, 10C, 10D) der magnetoresistiven Einrichtung (10; 57) Teile einer Wheatstone-Brückenschaltung (11) bilden.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei magnetoresistiven Elemente (10A, 10B, 10C, 10D) der magnetoresistiven Einrichtung (10; 57) mindestens einen Zweig der Wheatstone-Brückenschaltung (11) bilden.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Signalverarbeitungseinrichtung (12, 13, 14; 61) umfasst, welche aus einem von der Wheatstone-Brückenschaltung (11) ausgegebenen Signal Flanken des ersten und zweiten Bereichs der Induktionseinrichtung (2; 52) erfasst, wenn diese Bereiche bei einer Bewegung relativ zur Magnetfeld-Generiereinrichtung die magnetoresistive Einrichtung (10; 57) passieren.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Induktionseinrichtung (52) ein synchron mit einer Drehwelle (51) rotierendes Glied bildet.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die ein rotierendes Glied bildende Induktionseinrichtung (52) auf einer Kurbelwelle oder Nockenwelle einer Brennkraftmaschine (60) angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetfeld-Generiereinrichtung (58) und die magnetoresistive Einrichtung (57) in einem Gehäuse (53) angeordnet sind und die Induktionseinrichtung (52) außerhalb des Gehäuses an einer seiner Seitenfläche derart angeordnet ist, dass ein Endbereich der Induktionseinrichtung (52) zur



FIG. 1

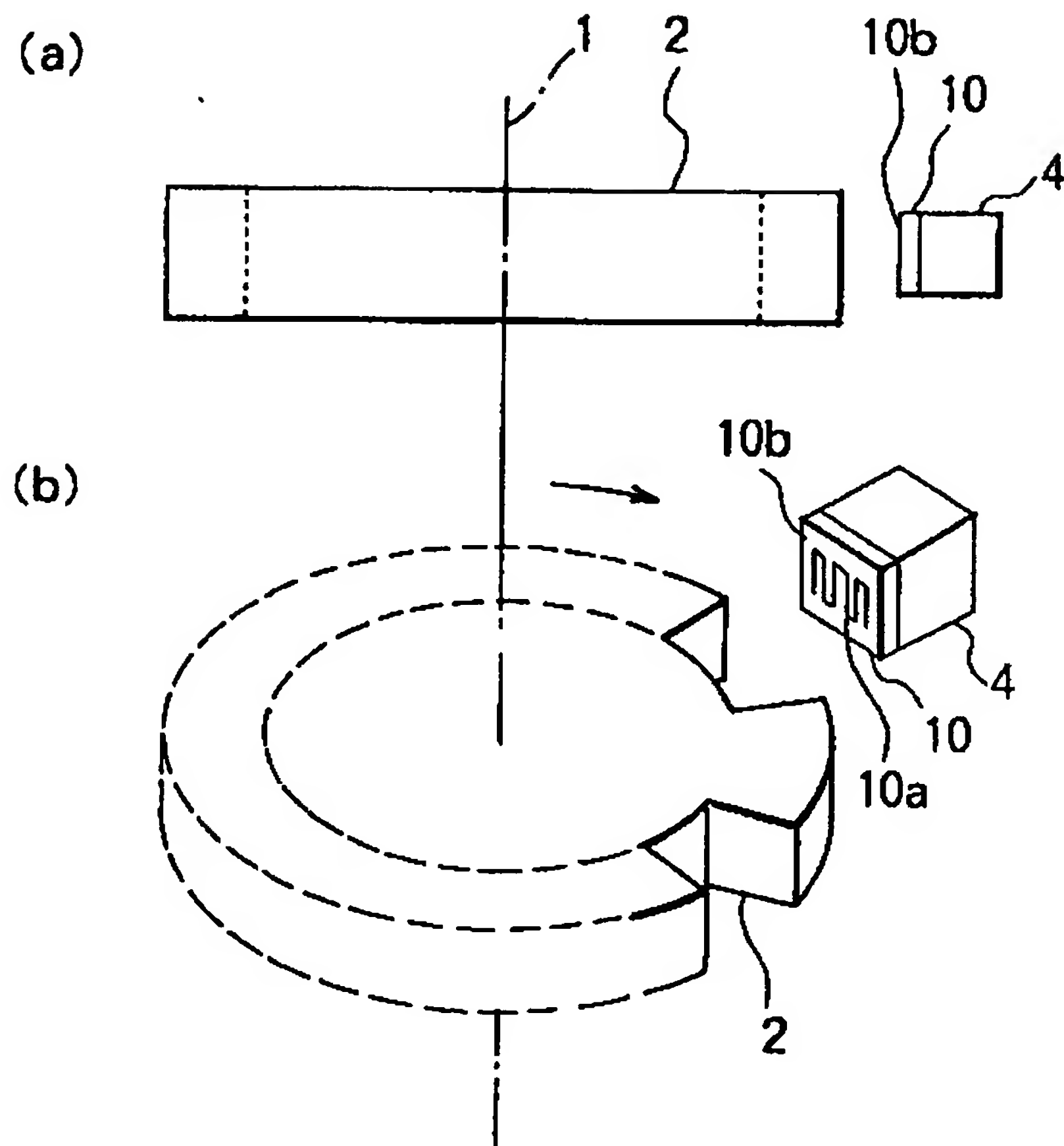


FIG. 2

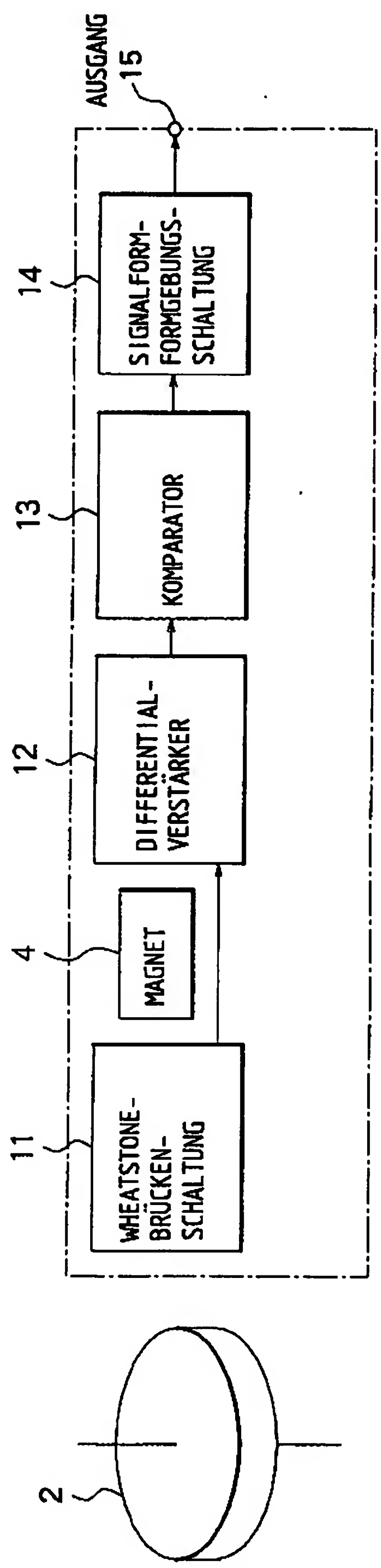


FIG. 3

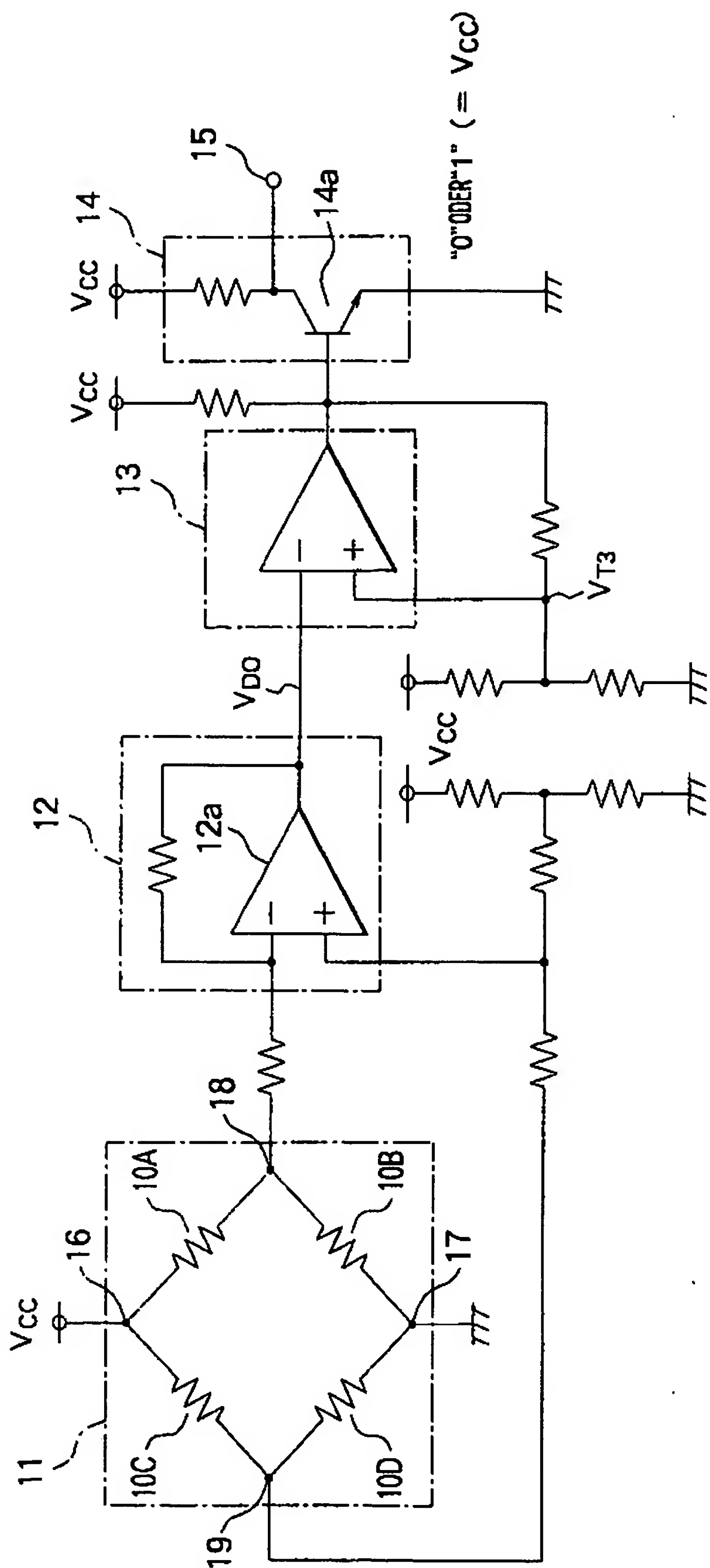


FIG. 4

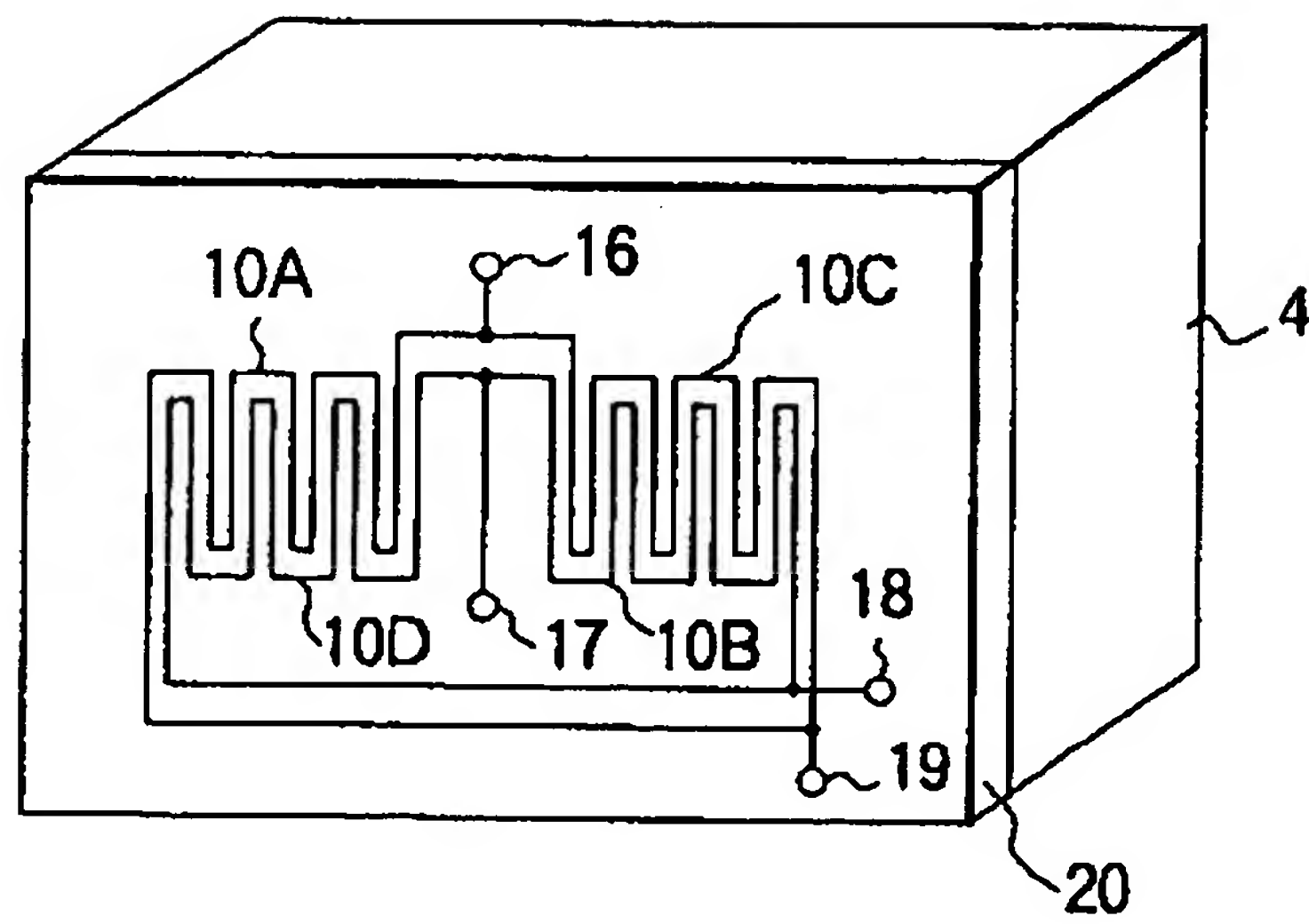




FIG. 5

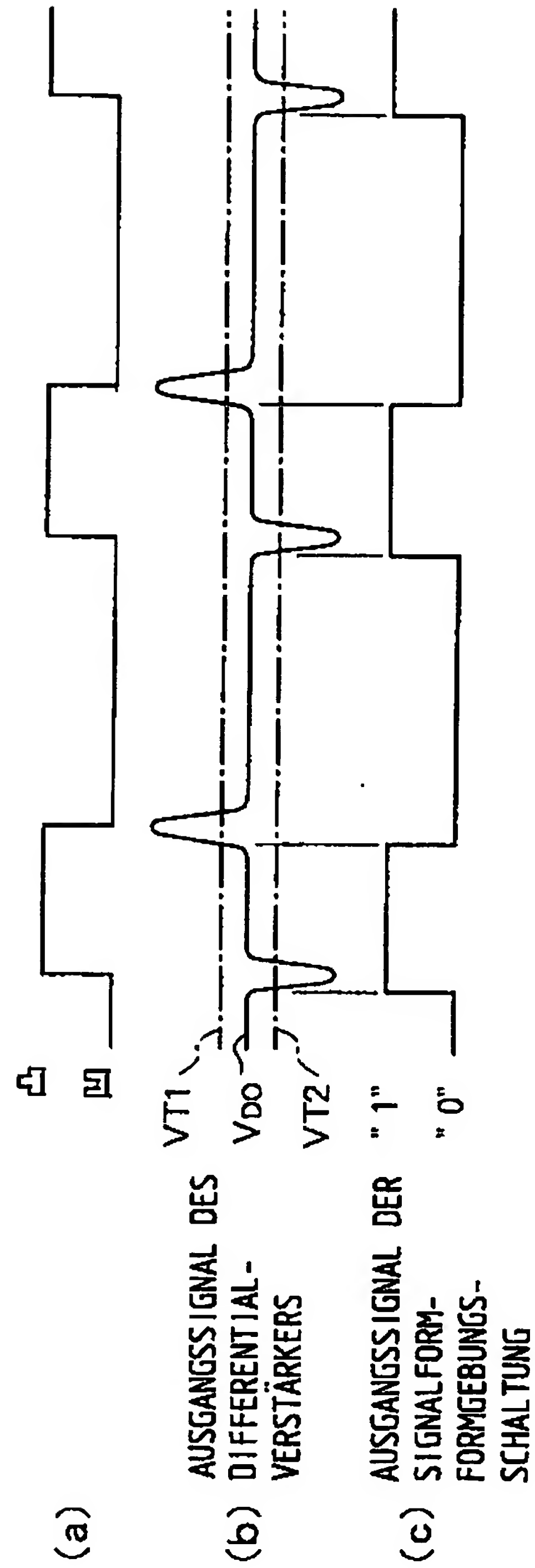


FIG. 6\*

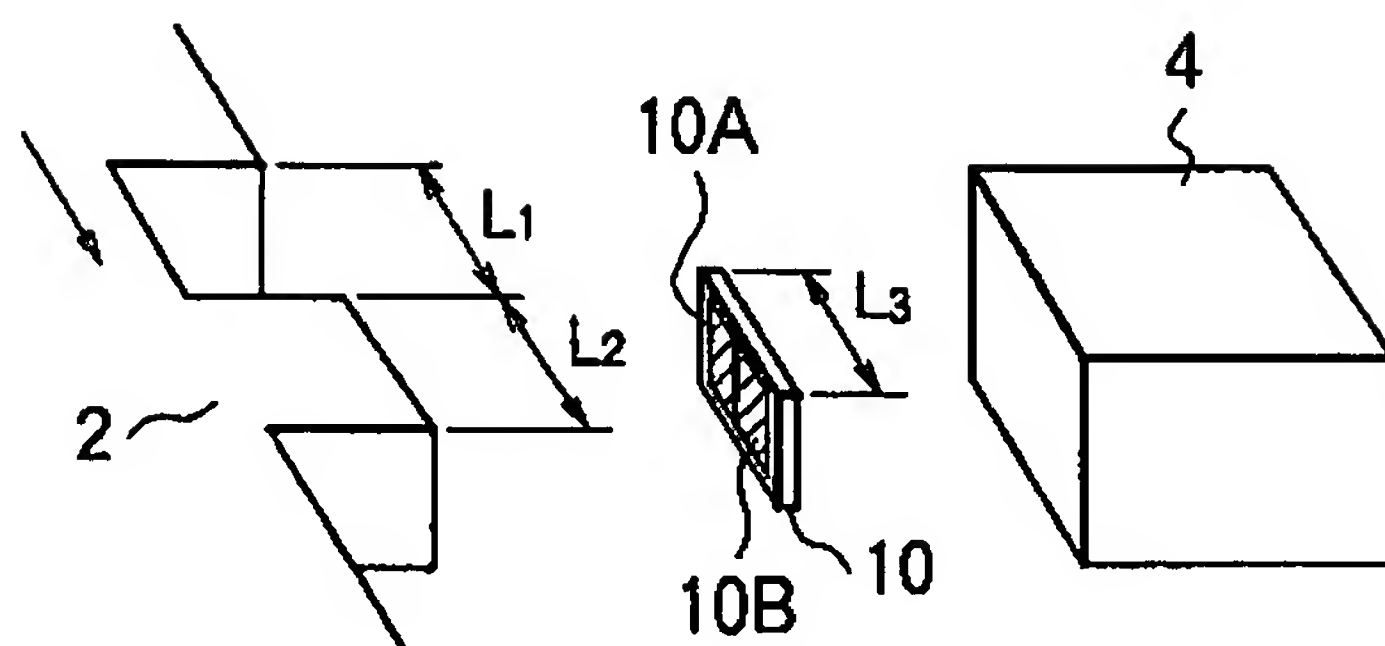
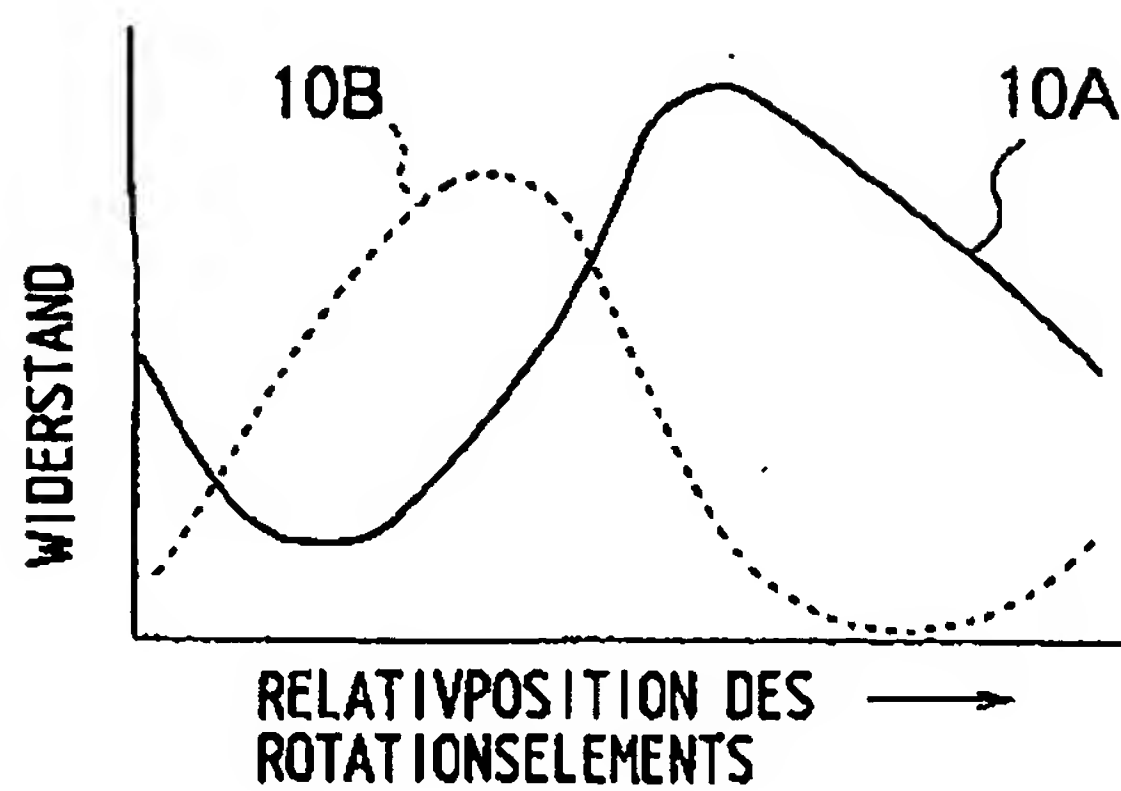
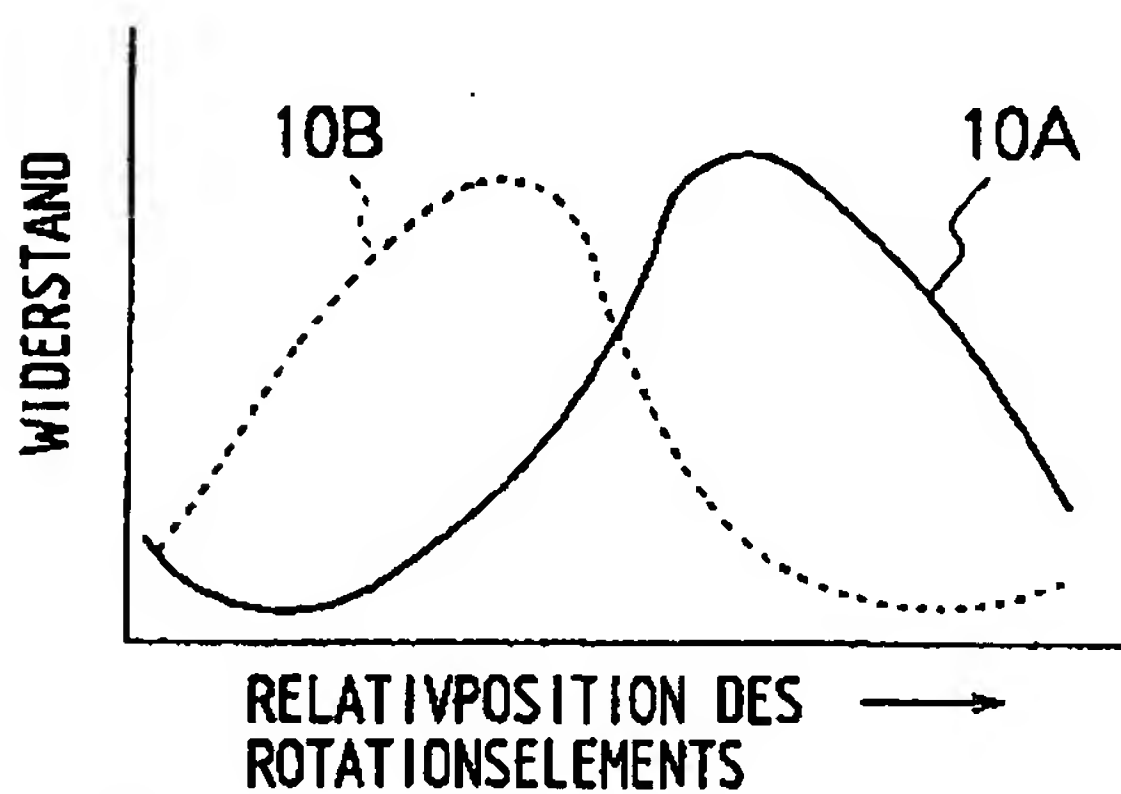


FIG. 7

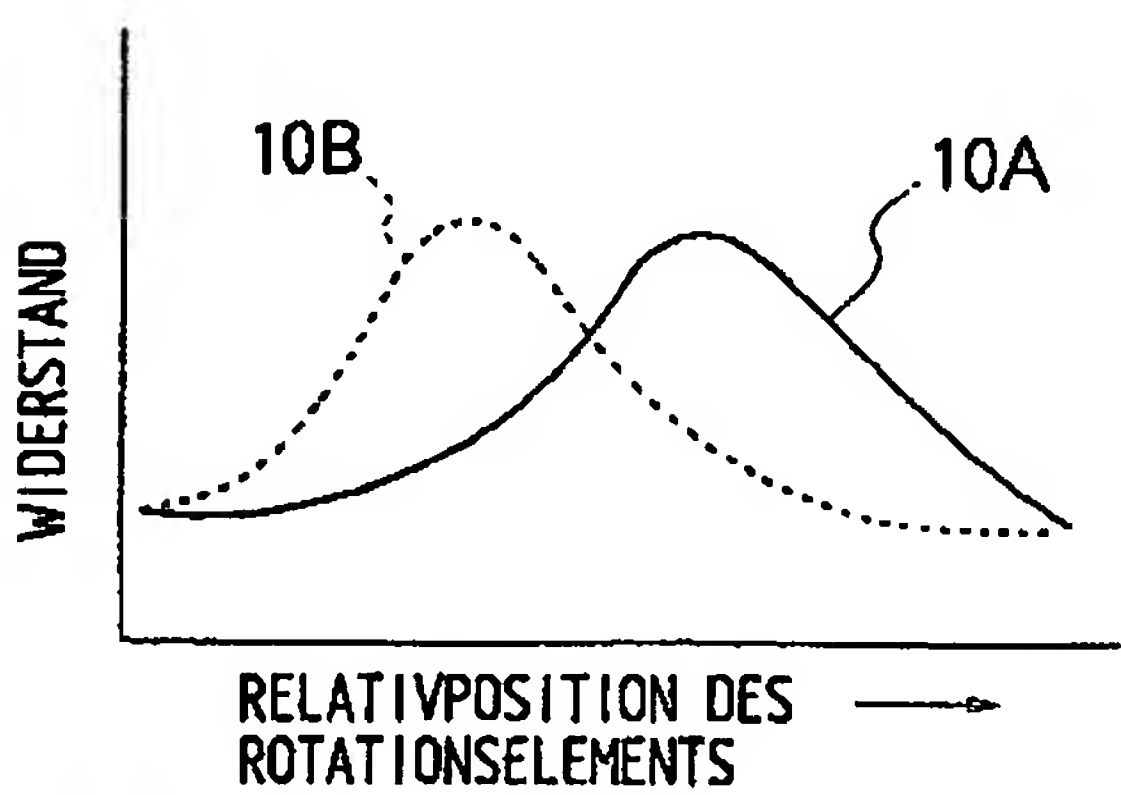
(a) 
$$\begin{cases} LB_3 = \frac{1}{2} L_1 \\ LB_3 = \frac{1}{2} L_2 \end{cases}$$



(b) 
$$\begin{cases} L_3 = \frac{2}{3} L_1 \\ L_3 = \frac{2}{3} L_2 \end{cases}$$



(c) 
$$\begin{cases} L_3 = L_1 \\ L_3 = L_2 \end{cases}$$



(d) 
$$\begin{cases} L_3 > L_1 \\ L_3 > L_2 \end{cases}$$

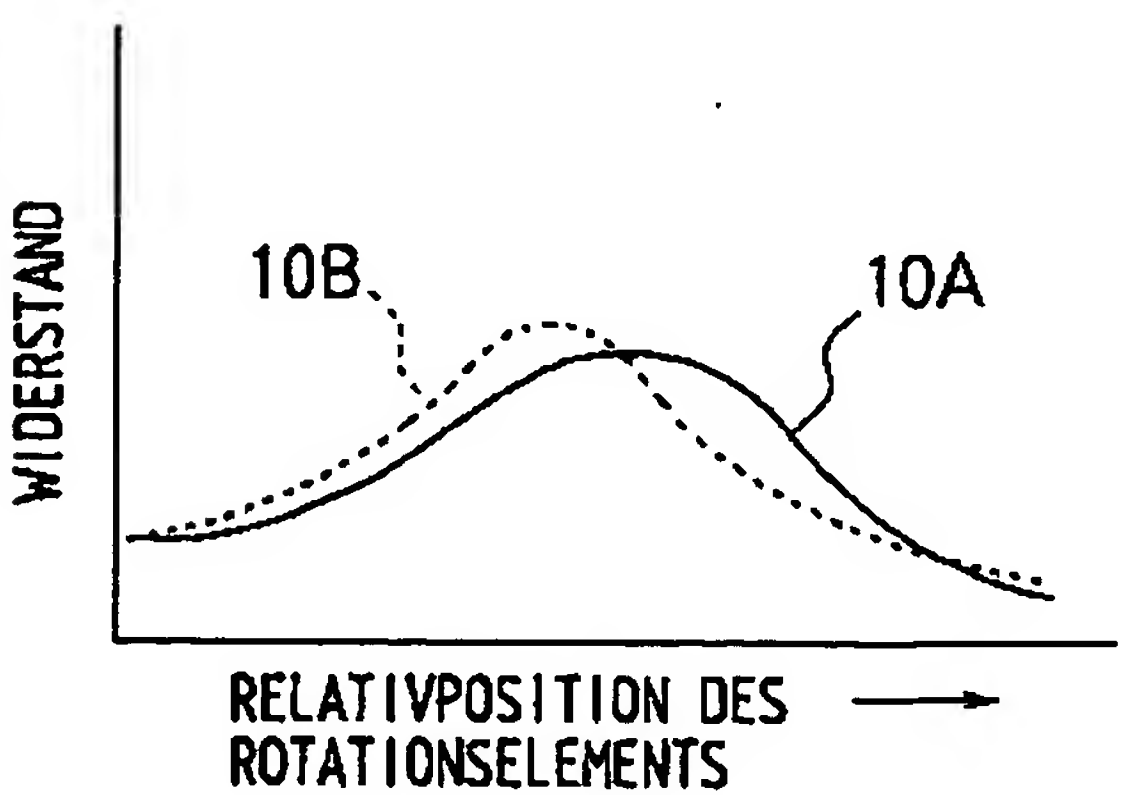


FIG. 8

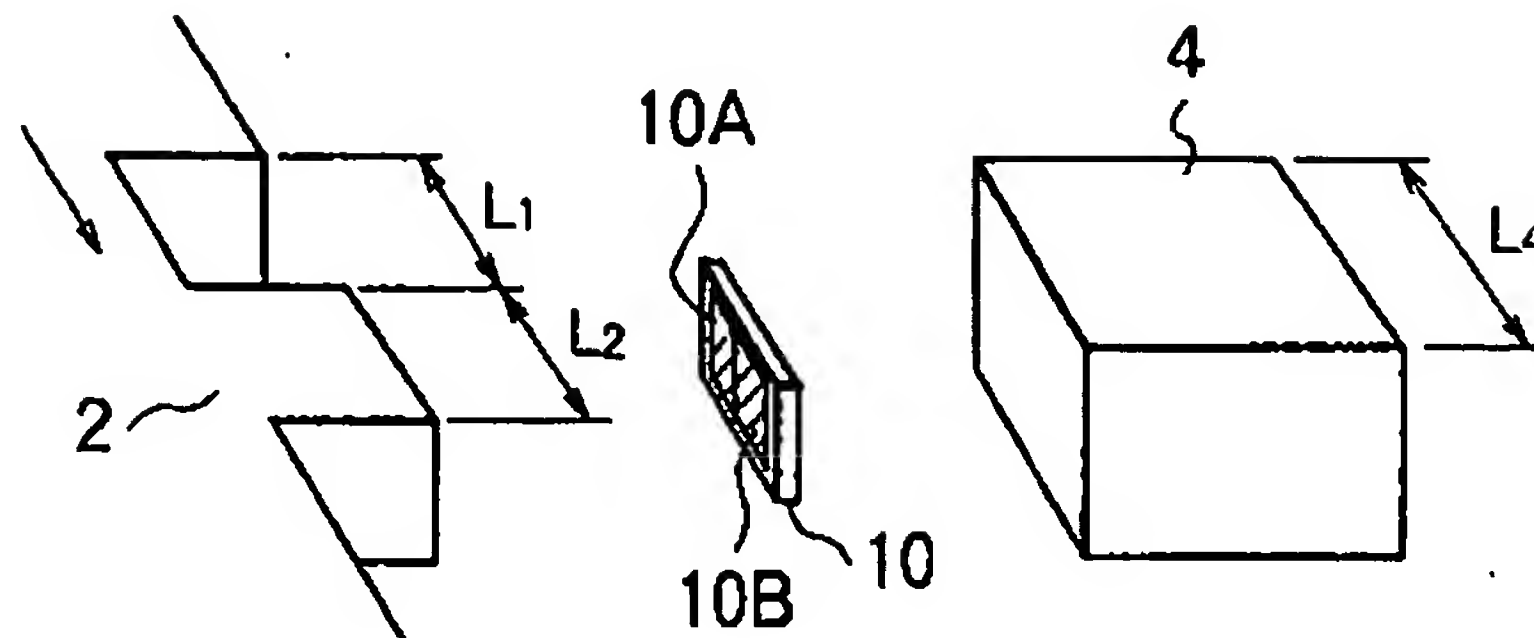
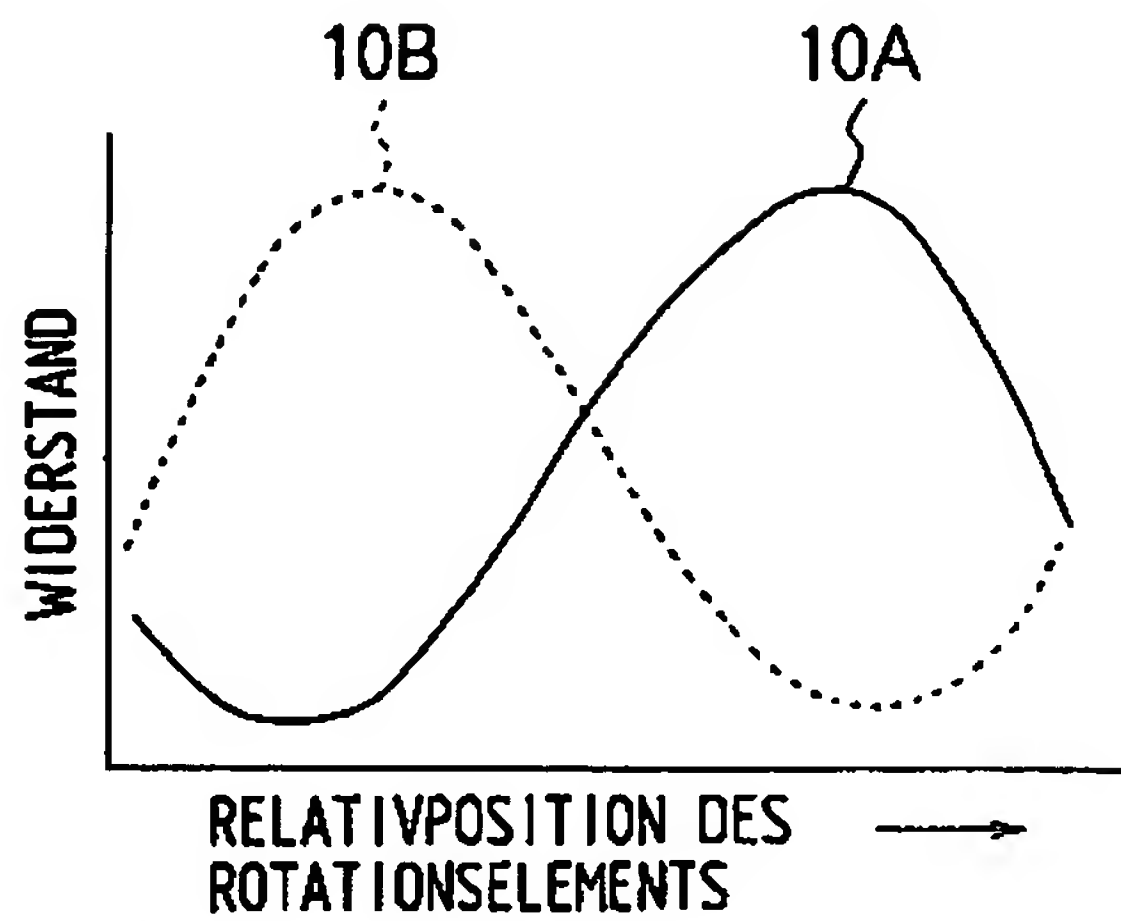


FIG. 9

(a) OPTIMALER WERT  
 $L_4 \leq 5L_1$   
 UND  
 $L_4 \leq 5L_2$



(b)  $L_4 > 5L_1$   
 ODER  
 $L_4 > 5L_2$

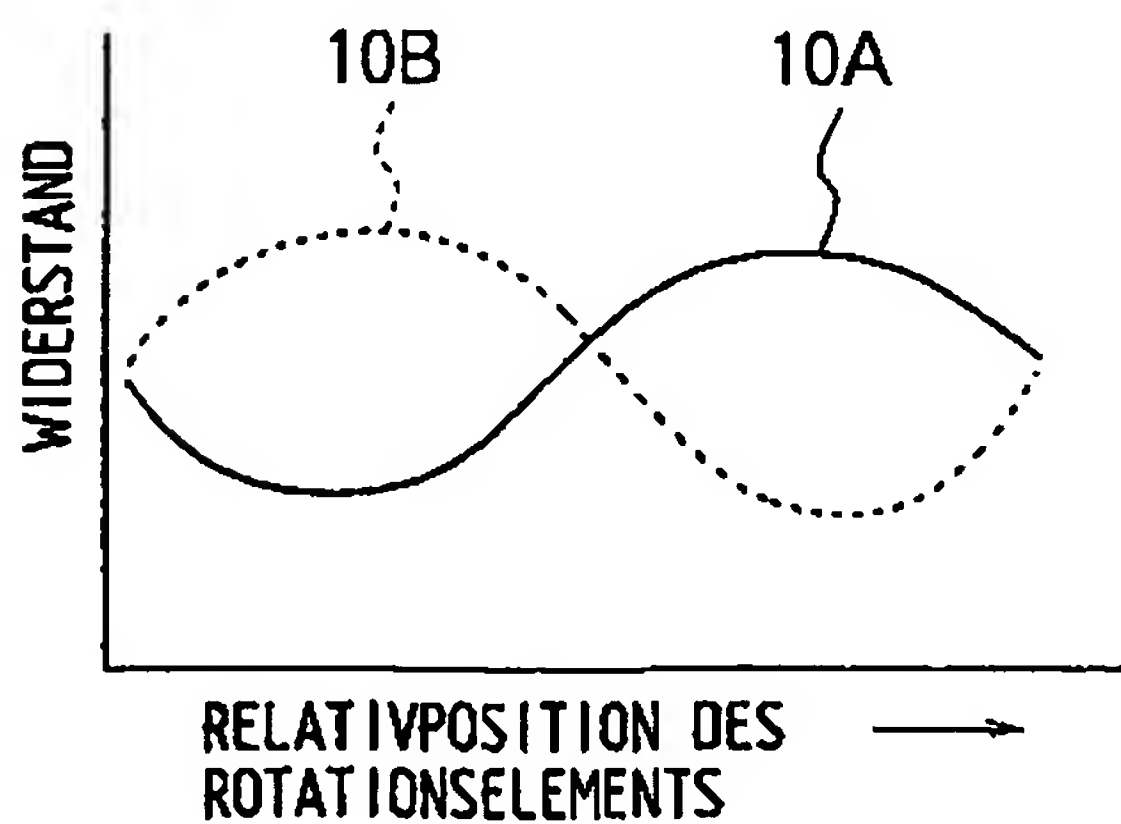




FIG. 10

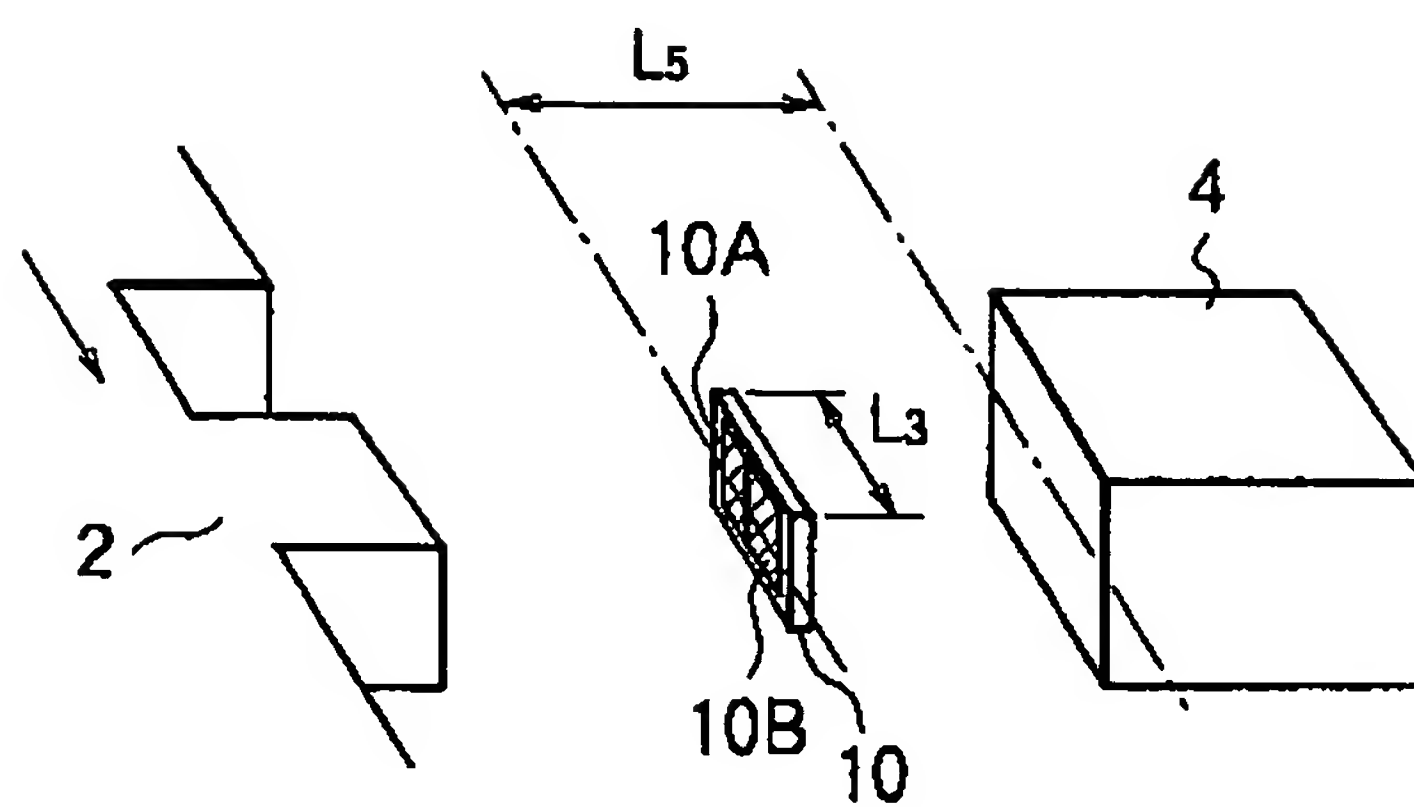


FIG. 11

(a)

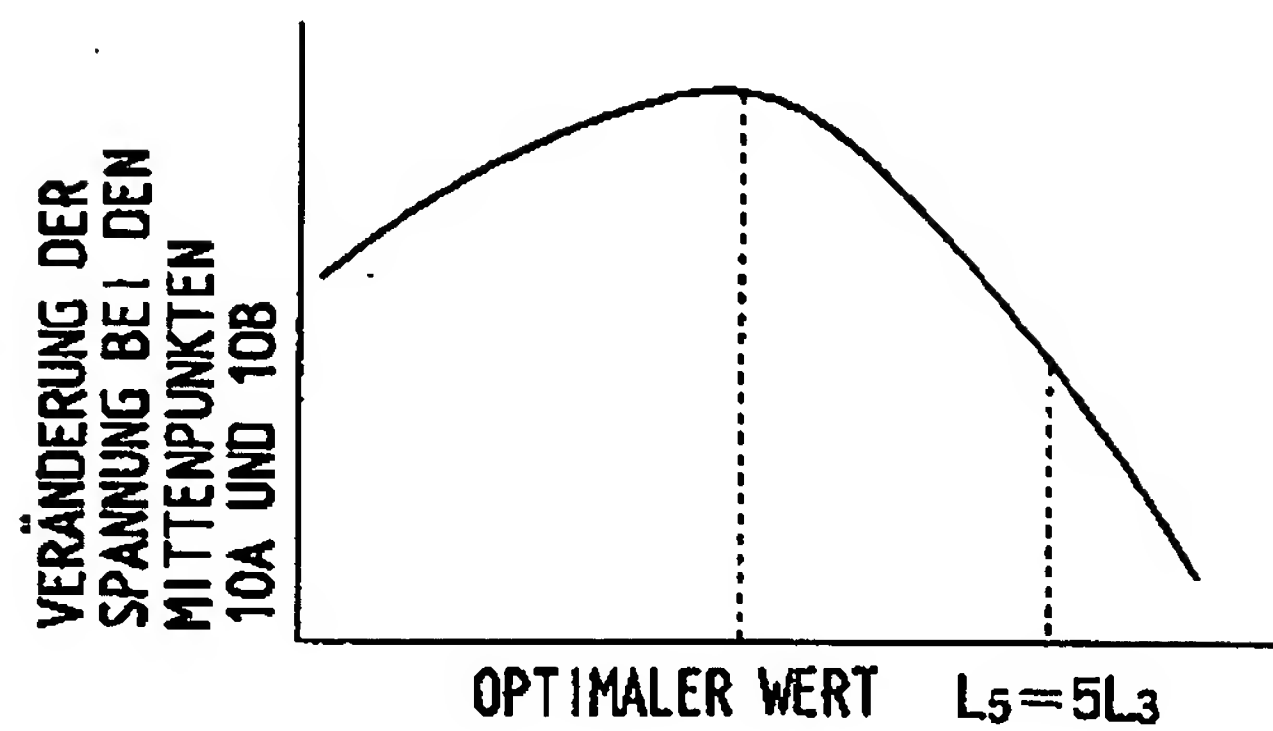
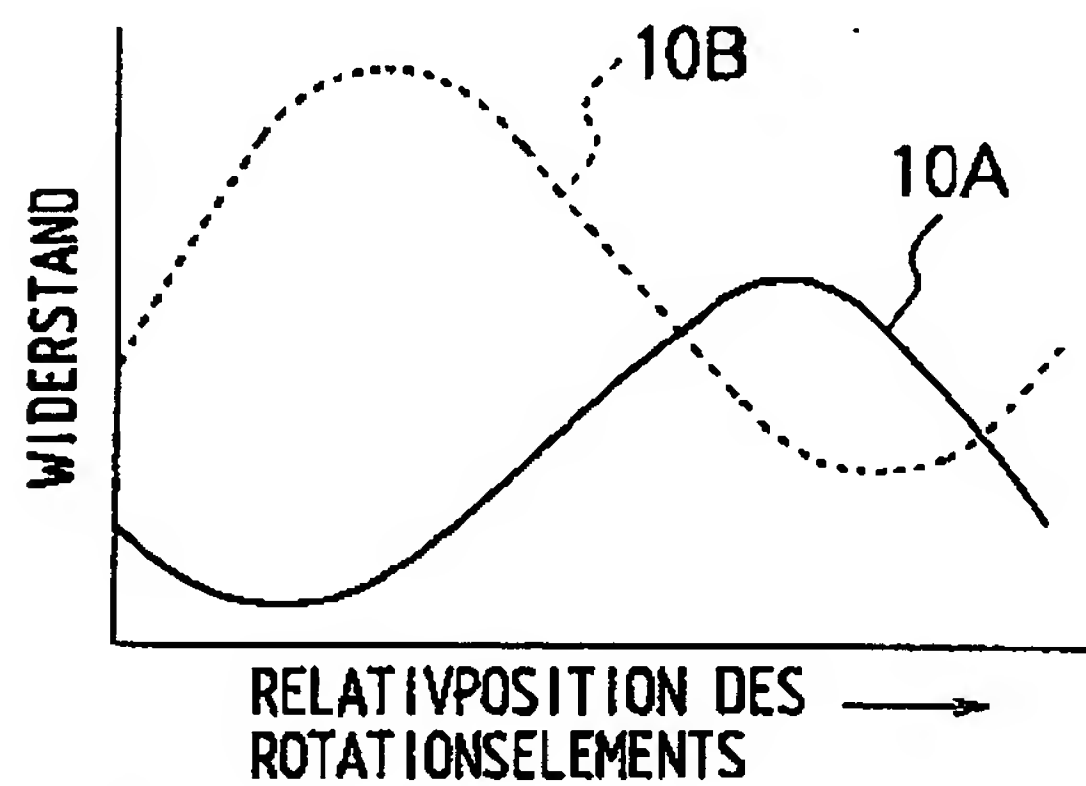
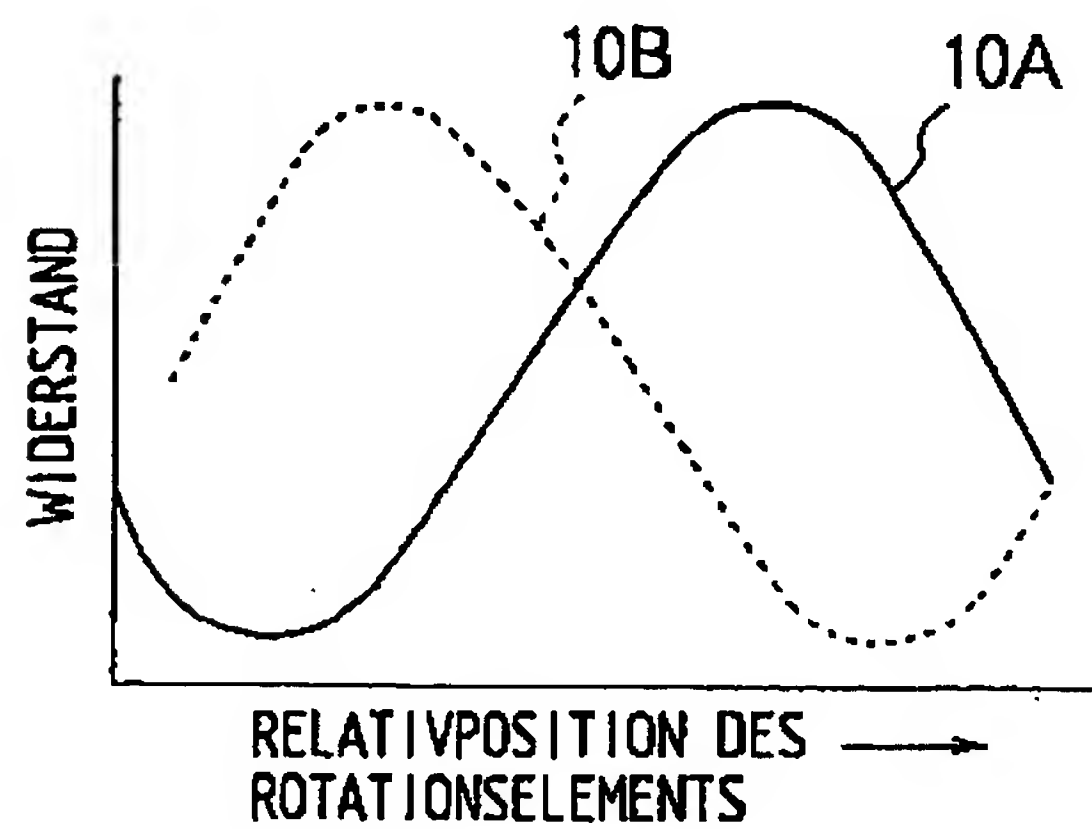
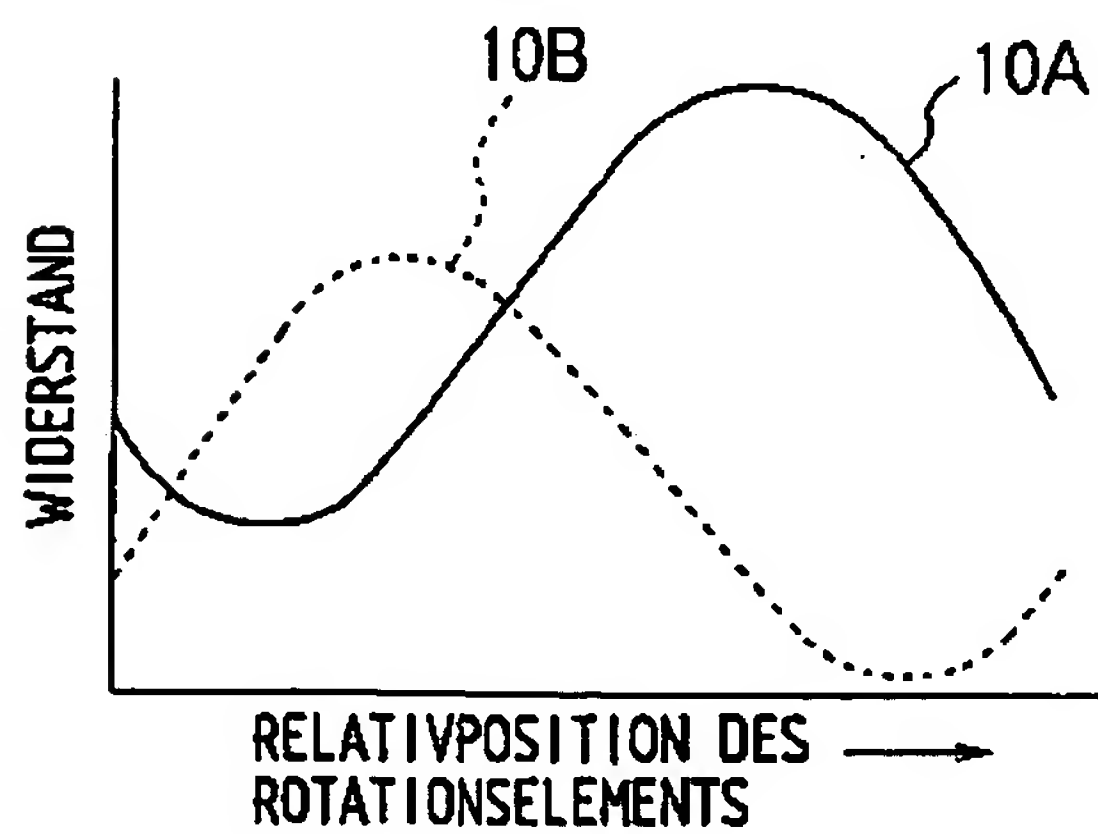
(b)  $L_5 = L_3$ (c) OPTIMALER WERT  
 $L_5 = 2L_3$ (d)  $L_5 = 3L_3$ 

FIG. 12

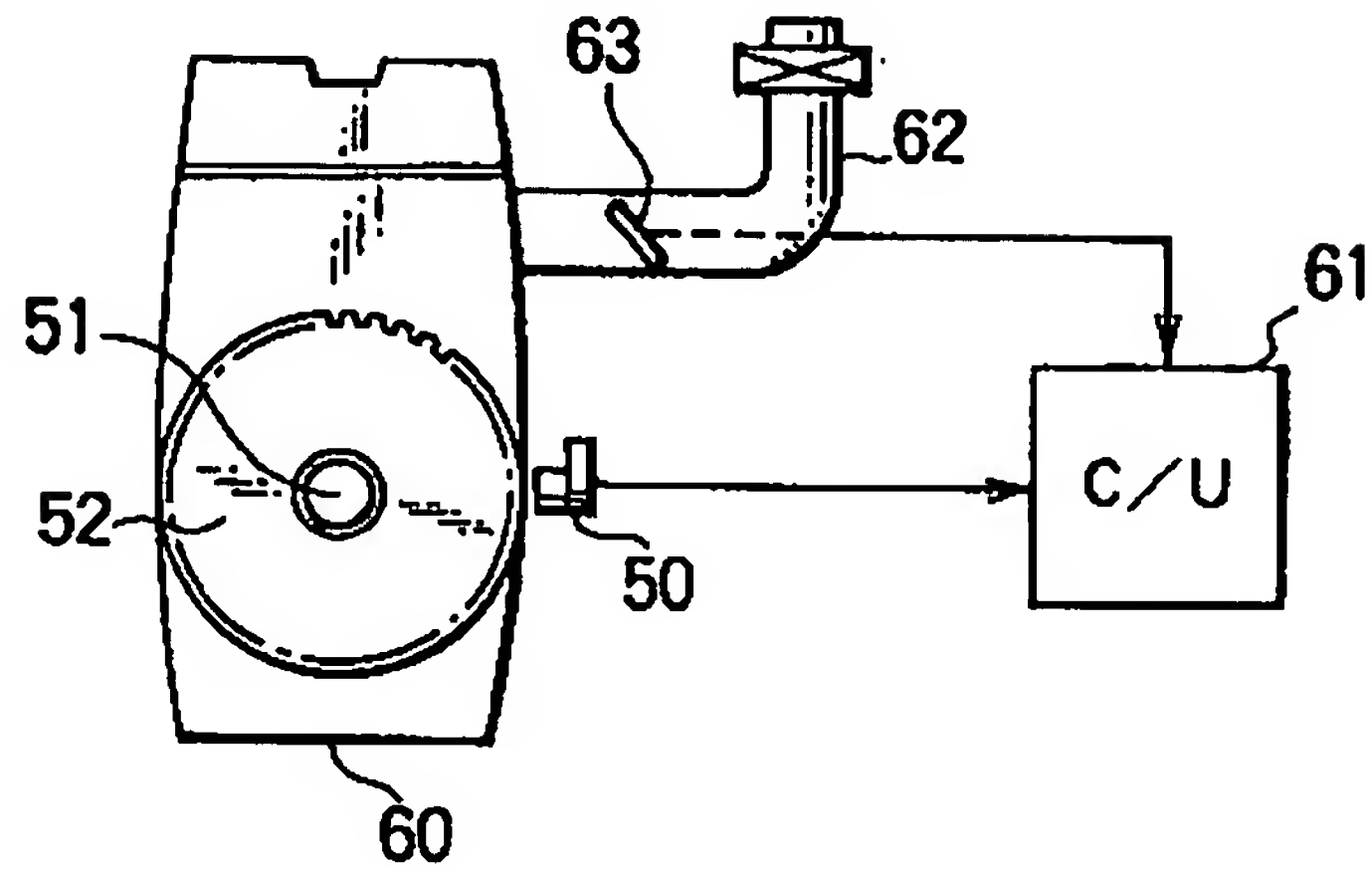


FIG. 13

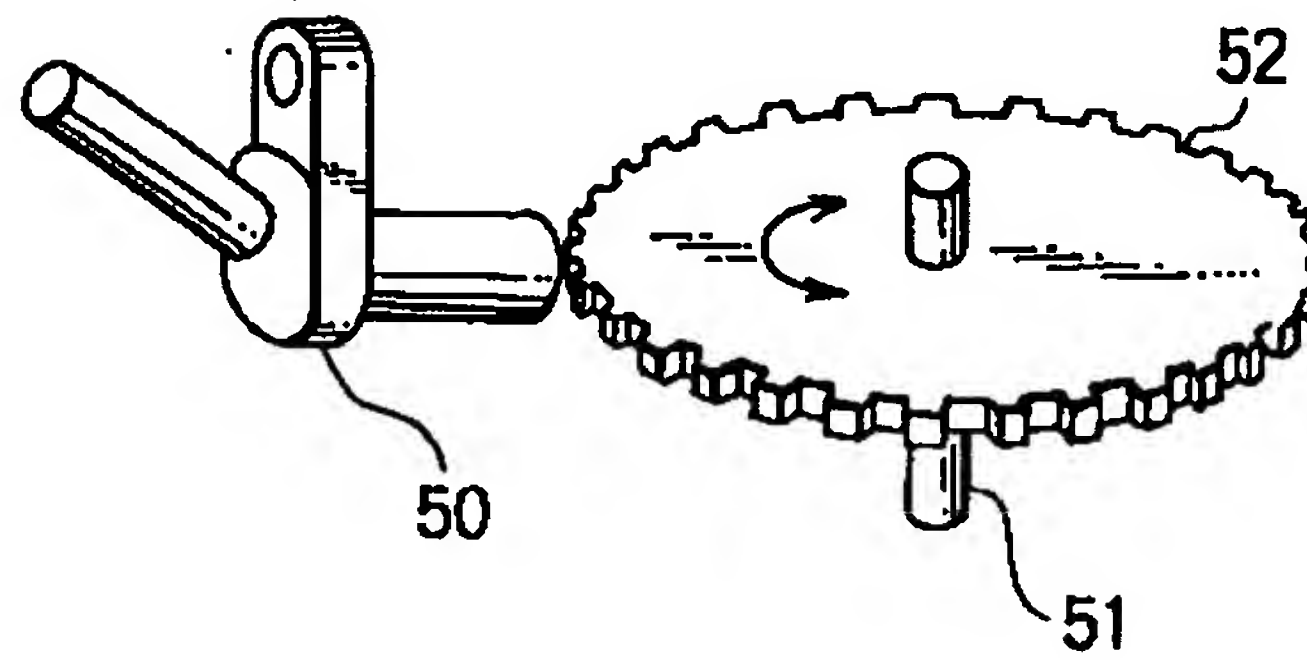


FIG. 14

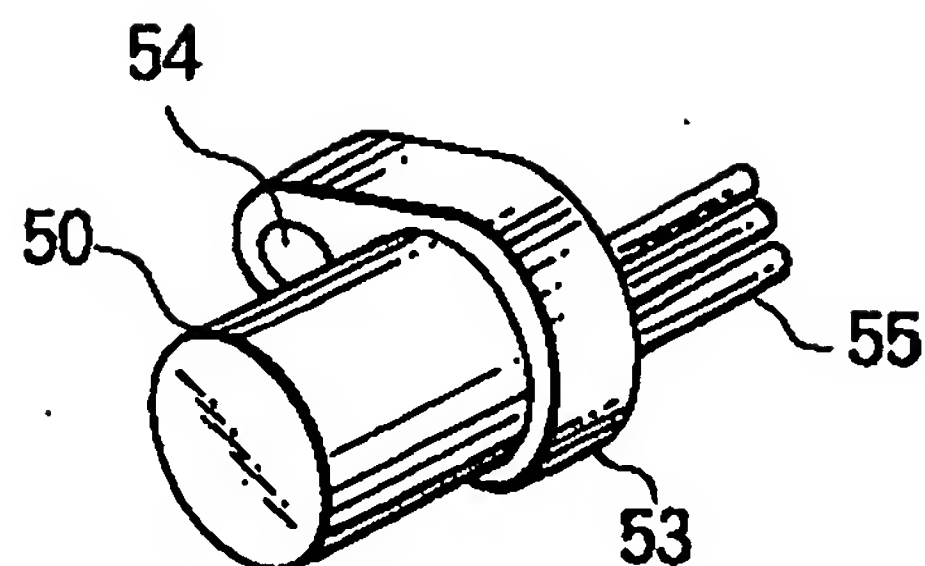


FIG. 15

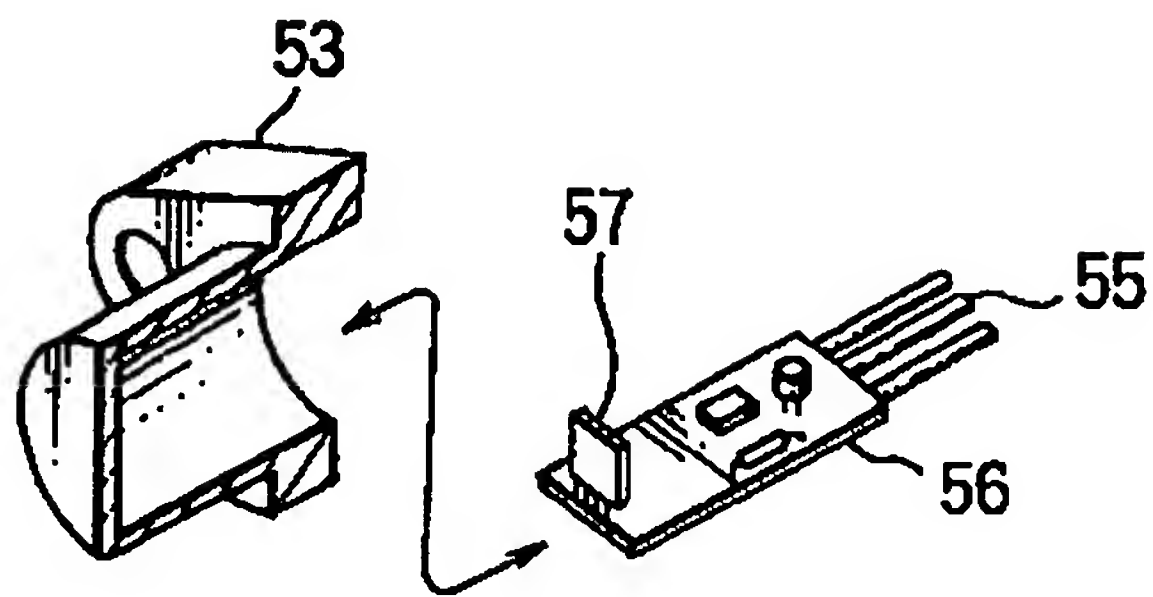


FIG. 16

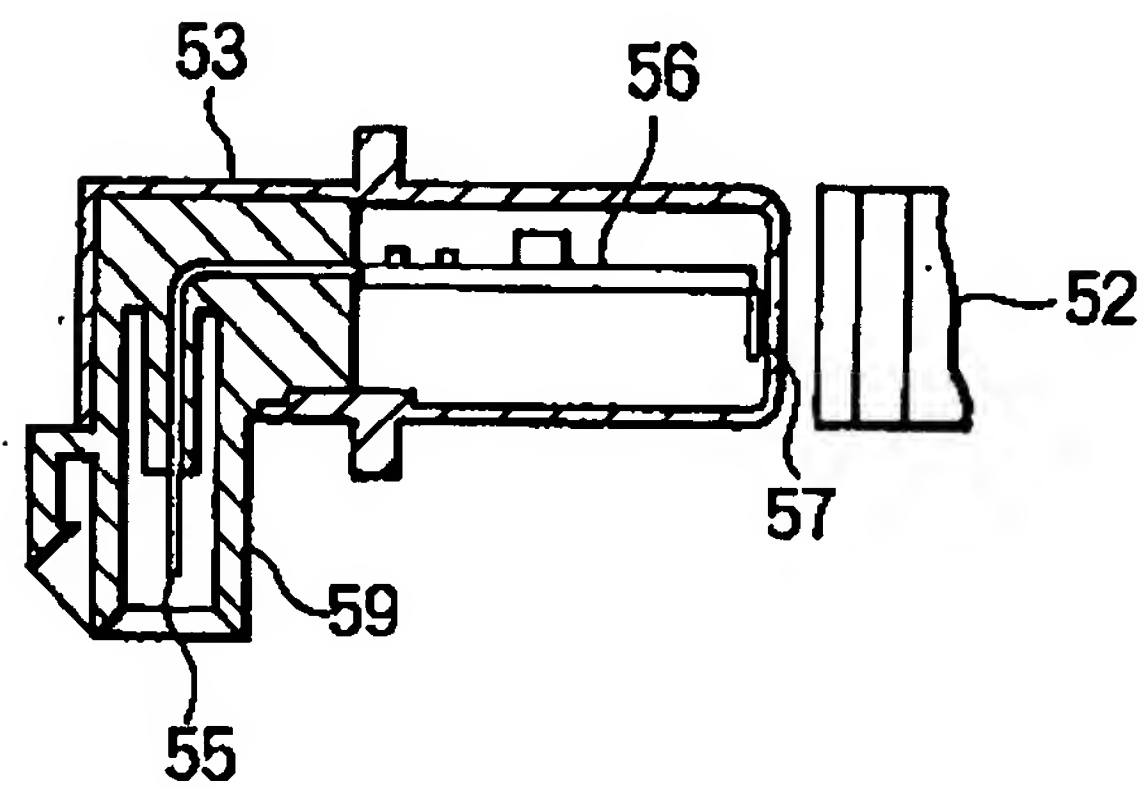
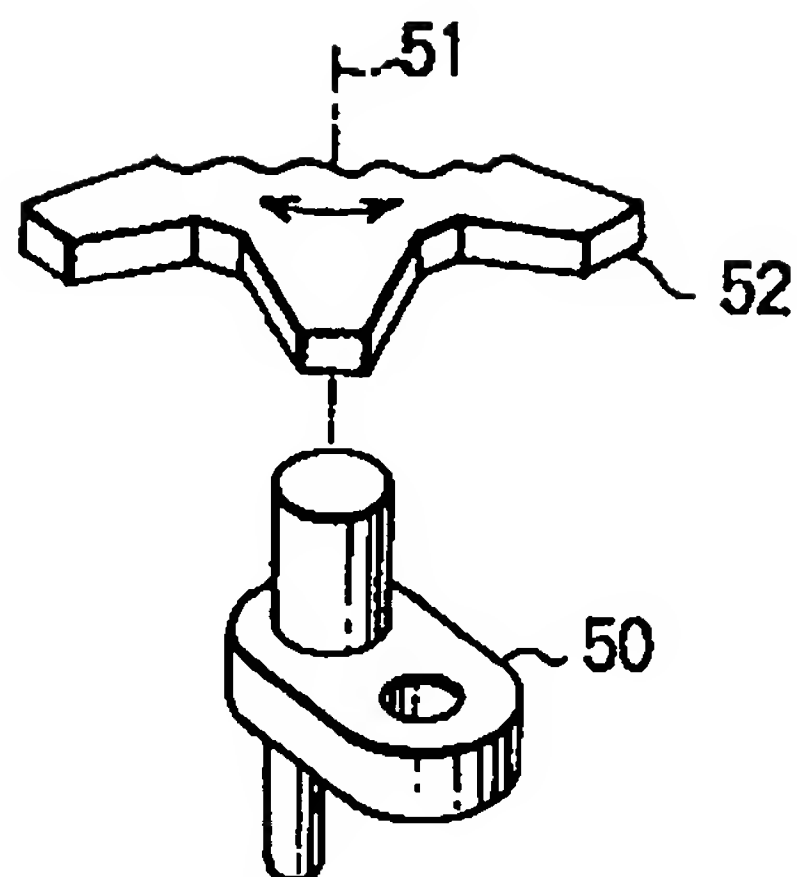


FIG. 17

(a)



(b)

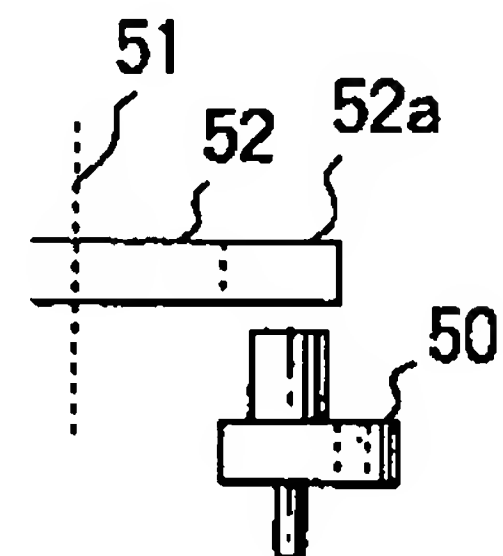




FIG. 18

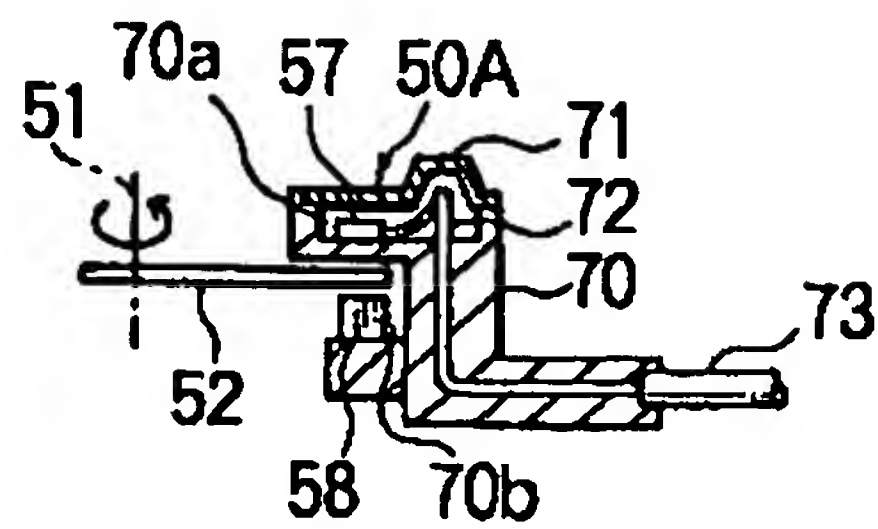


FIG. 19

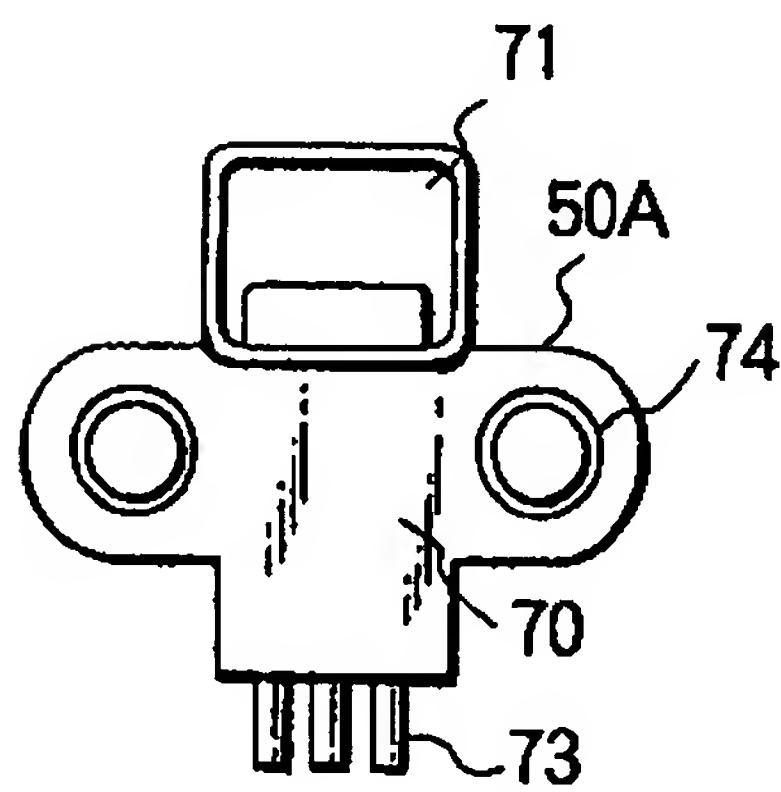


FIG. 20

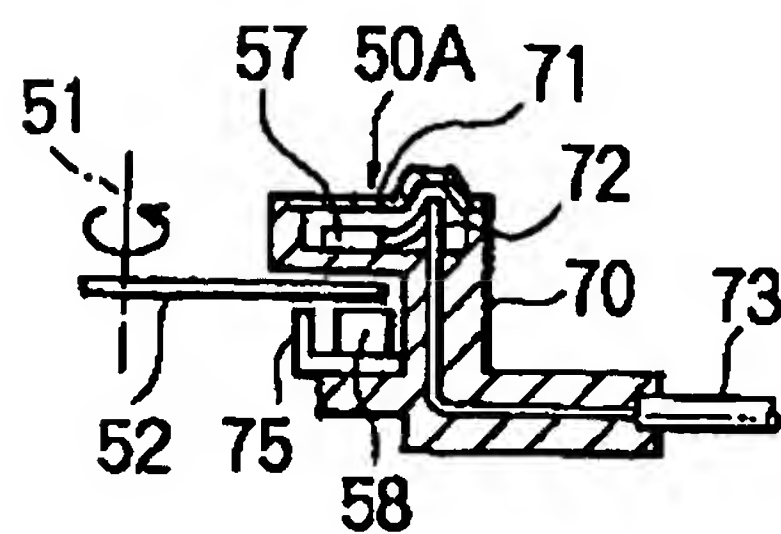


FIG. 21

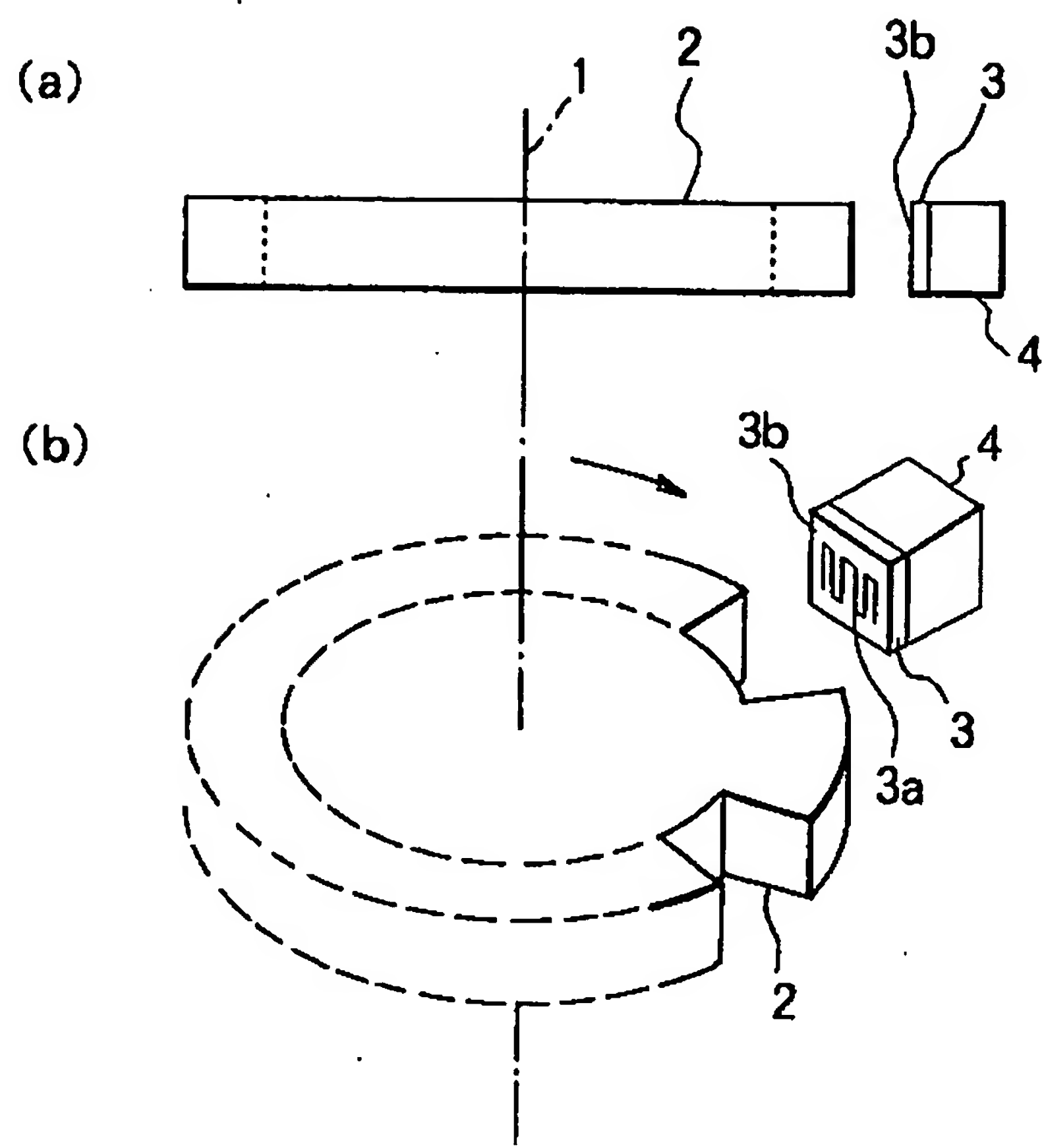
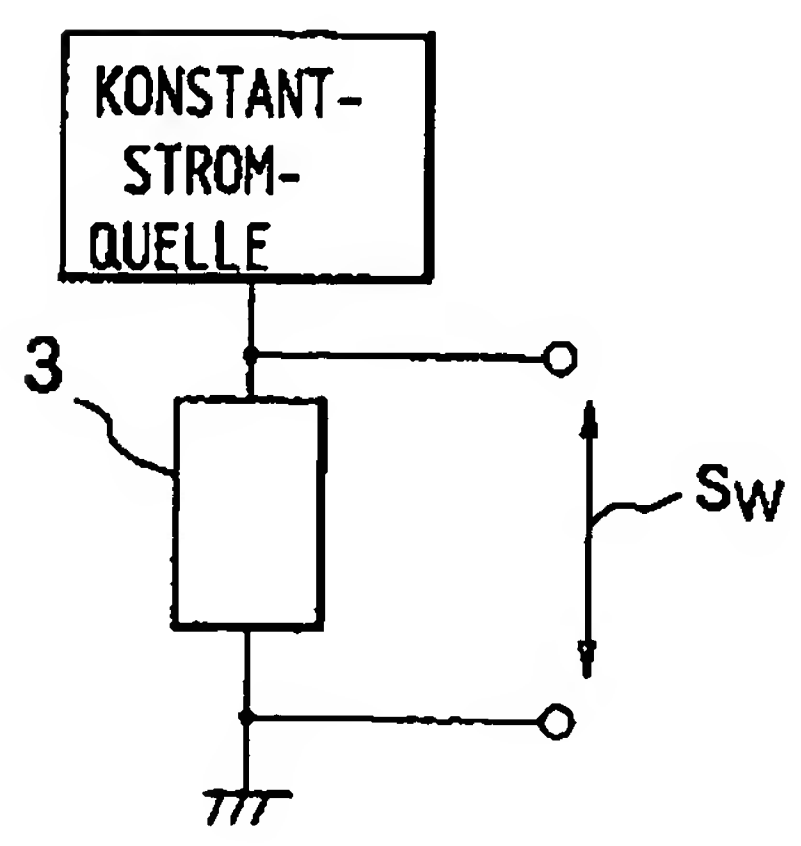


FIG. 22



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**